

Elina Lohiniva, Kai Sipilä,
Tuula Mäkinen & Lassi Hietanen

Jätteiden energiakäytön vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin

Jätteiden energiakäytön vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin

Elina Lohiniva, Kai Sipilä,
Tuula Mäkinen & Lassi Hietanen

VTT Prosessit

ISBN 951-38-5889-8 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5890-1 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © VTT 2002

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Prosessit, Biologinkuja 3-5, PL 1601, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 460 493

VTT Processer, Biologgränden 3-5, PB 1601, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 460 493

VTT Processes, Biologinkuja 3-5, P.O.Box 1601, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 460 493

Toimitus Maini Manninen

Otamedia Oy, Espoo 2002

Lohiniva, Elina, Sipilä, Kai, Mäkinen, Tuula & Hietanen, Lassi. Jätteiden energiakäytön vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin [Waste-to-energy and green house gas emissions]. Espoo 2002. VTT Tiedotteita – Research Notes 2139. 119 s.

Avainsanat waste management, landfills, emissions, greenhouse gases, methane, legislation, regulations, recycling fuels, energy production, power plants

Tiivistelmä

Jätteiden energiakäyttöä ja jätehuoltoa ohjaavat vahvasti lainsäädännölliset päätökset ja toimenpiteet. Näillä voi olla merkittäviäkin vaikutuksia Suomen kasvihuonekaasupäästöihin. Jätehuollossa kasvihuonekaasupäästöihin voidaan vaikuttaa vähentämällä biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoitusta, ja siten kaatopaikkojen metaanipäästöjä, sekä keräämällä kaatopaikoilta syntyvä biokaasu (metaani) talteen ja hyödyntämällä se. Toisaalta kasvihuonekaasupäästöjä voidaan pienentää polttamalla kierrätykseen kelpaamaton prosessoitu kierrätyspolttoaine korvaten fossiilisia polttoaineita.

Tässä selvityksessä tarkasteltiin jätehuoltoa koskevaa lainsäädäntöä, jolla voi olla merkittäviä ohjausvaikutuksia jätehuollossa. Jätteiden kaatopaikkasijoituksen kiellot sekä jäteveron korotukset voivat ohjata investointeja. Selvityksessä käytiin läpi jätteiden energiakäyttöön liittyviä tekniikoita, sillä eri käsittelyketjut ja -tekniikat vaikuttavat eri tavoilla kasvihuonekaasupäästöihin.

Selvityksessä arvioitiin Suomen jätehuollon vaikutuksia maamme kasvihuonekaasupäästöihin kolmessa eri skenaariossa: 1) kaatopaikkadirektiivin mukainen kaatopaikkasijoituksen vähentäminen, 2) orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto ja 3) ns. kierrätysmaksimi. Eri skenaarioiden vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin vaihtelevat välillä 3–5 Mt/a CO₂-ekv. Koska ns. Kioton sopimuksen mukaisesti tarvittava päästövähennys Suomessa on yhteensä noin 14 Mt CO₂-ekv, voi jätehuollon merkitys päästövähennyksiin olla merkittäväkin. Selvityksessä arvioitiin lisäksi energiakäyttöön ohjautuvan kierrätyspolttoaineen (REF) käyttömahdollisuuksia Suomessa erilaisilla voimalaitoksilla häiritsemättä Suomen energiantuotantorakennetta. Vaihtoehtoina energiakäyttötekniikoille olivat seospoltto vanhoissa tai uusissa REF:lle suunnitelluissa CHP-leijukattiloissa, REF:n kaasutus ja kaasun poltto PC- tai leijukattiloissa korvaten fossiilisia polttoaineita, 100 % REF-leijukattila tai 100 % REF:lle suunniteltu lämpölaite. Kierrätyspolttoainemäärät sovitettiin ko. laitoksiin käyttäen hyväksi VTT Prosessityksikön laajaa kattilätietokantaa.

Lohiniva, Elina, Sipilä, Kai, Mäkinen, Tuula & Hietanen, Lassi. Jätteiden energiakäytön vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin [Waste-to-energy and green house gas emissions]. Espoo 2002. VTT Tiedotteita – Research Notes 2139. 119 p.

Keywords waste management, landfills, emissions, greenhouse gases, methane, legislation, regulations, recycling fuels, energy production, power plants

Abstract

Directives, laws and regulations direct waste management today. Waste management may have a large impact on reducing the greenhouse gas emissions by decreasing the methane emissions from the landfills by the means of reducing the amount of biodegradable waste landfilled, and by collecting biogas from the landfills. Additional savings can be made by replacing fossil fuels with source separated recovered fuels (REF). This report reviews the potential of waste to energy technologies to reduce the Finnish greenhouse gas emissions.

This report describes the waste management laws in force or planned, and their impact on reducing the greenhouse gas emissions. Different waste to energy technologies are reviewed. The impact of different waste handling and waste to energy technologies varies greatly.

Three different scenarios for waste management were chosen: 1) the impact of landfill directive, 2) ban for landfilling of organic waste, 3) maximum recycling. The impact of these three scenarios on greenhouse gas emissions varies between 3-5 Mt/a CO₂ eq. The Kyoto target for Finland is approx. 14 Mt CO₂-eq., which means that waste management can have a significant and fairly cost effective role for the Finnish target. The utilisation possibilities of REF in existing or planned power plants or district heating plants and needed capacity, without disturbing the existing Finnish energy production system were evaluated as well. Alternatives considered were co-incineration in existing or new REF CHP plants, gasification of REF and gas burning in existing pulverised coal plant or fluidised bed boilers replacing fossil fuels, 100 % REF fluidised bed boilers or district heating plants for REF.

Alkusanat

Tämä selvitys tehtiin Tekesin Climtech-ohjelman Jätehuollon toimenpiteiden vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin -projektissa. Projektin tavoitteena oli selvittää jäteperäisten kasvihuonekaasupäästöjen määrä Suomessa vuosina 1990 ja 2000, arvioida kasvihuonekaasupäästöjen määrät vuoteen 2020 sekä tarkastella niiden vähentämismahdollisuuksia eri skenaarioissa. Tavoitteena oli myös selvittää uusien tekniikoiden kehitystarpeita ja suomalaisen teknologian vientimahdollisuuksia.

Projekti jaettiin kolmeen osatehtävään, joista jokaisesta tehtiin erilliset, itsenäiset osareportit. Osatehtävässä A (kaatopaikkakaasut) tehtiin alueellinen arvio kaatopaikoille vietävistä jätemääristä sekä niiden vaikutuksesta kasvihuonekaasupäästöihin. Mukana tarkastelussa olivat sekä käytössä olevat että suljetut kaatopaikat. Osatehtävässä B (jätteiden materiaalivirtojen kehitys) arvioitiin eri päämateriaalivirtojen kierrätysvaihtoehtojen vaikutukset fossiilisten energiavarojen käyttöön, kasvihuonekaasupäästöihin sekä neitseellisten luonnonvarojen käyttöön. Osatehtävässä C (kierrätyspolttoaineiden tulevat käyttömäärät, -tavat ja -kustannukset) arvioitiin vuoteen 2020 asti kierrätyspolttainemäärät alueellisesti sekä jätteiden energiakäytön vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin eri skenaarioissa.

Tässä julkaisussa on esitetty jätteiden energiakäyttö -osatehtävän tulokset. Osatehtävässä kerättiin tietoja syntyvien polttokelpoisten jätteiden määristä ja nykyisistä jätteiden käsittelytekniikoista Suomessa sekä tehtiin katsaus uusista Euroopassa käyttöönotetuista tekniikoista. Syntyville lajitelluille polttokelpoisille jätteille (kuivajäte) arvioitiin energiakäyttömahdollisuudet alueellisesti sekä arvioitiin niiden energiakäytön kustannuksia ja vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin. Työ tehtiin yhteistyössä Climtech-ohjelman bioenergiaselvityksen kanssa. Jättemääristä ja niiden koostumuksista on tehty erillinen raportti (Hietanen, L. Jätteiden määrät ja käsittely vuonna 2000. ENE1/35/2001).

Projektin rahoittajina olivat Tekes Climtech-ohjelman kautta, VTT Energia, VTT Kemianteekniikka ja Suomen ympäristökeskus. Kaatopaikkakaasujen laskenta-osatehtävän toteutuksesta vastasi VTT Energia ja Suomen ympäristökeskus, jätteiden materiaalivirtojen kehitys -osatehtävän toteutuksesta VTT Kemianteekniikka ja jätteiden energiakäyttö -osatehtävän toteutuksesta VTT Energia. Jätteiden energiakäyttö -osatehtävän projektiryhmässä olivat mukana Kai Sipilä, Elina Lohiniva, Lassi Hietanen ja Tuula Mäkinen VTT Energiasta. Lisäksi koko projektin projektiryhmässä olivat mukana Riitta Pipatti ja Sami Tuhkanen VTT Energiasta, Allan Johansson ja Tarja Turkulainen VTT Kemianteekniikasta sekä Jouko Petäjä Suomen ympäristökeskuksesta. VTT Energia ja VTT Kemianteekniikka yhdistettiin uudeksi VTT Prosessit -yksiköksi 1.1.2002 alkaen.

Espoo, 12.2.2002

Tekijät

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	4
Alkusanat.....	5
Lyhenteet.....	9
1. Johdanto.....	10
1.1 Tausta.....	10
1.2 Tavoitteet.....	10
2. Työn tarkastelutapa ja menetit.....	12
2.1 Julkaisun rakenne.....	12
2.2 Tarkastelun laajuus.....	12
2.3 Jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjen laskenta.....	13
2.3.1 Jätteiden energiakäyttö.....	13
2.3.2 Kaatopaikat.....	14
2.3.3 Materiaalihyötykäyttö ja kierrätys.....	16
2.3.4 Suomen erityiskysymykset.....	18
3. Jätehuoltoa ja bioenergian käyttöä ohjaavat tekijät.....	19
3.1 Jätehuoltoa ohjaava lainsäädäntö ja standardointi.....	19
3.1.1 Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2005.....	19
3.1.2 Kaatopaikkadirektiivi sekä valtioneuvoston päätökset kaatopaikoista (VNp 861/97 ja 1049/99).....	20
3.1.3 Jäteverolaki (495/1996).....	22
3.1.4 Ehdotus biohajoavan jätteen biologiselle käsittelylle.....	22
3.1.5 Euroopan unionin jäteluettelo (EWC).....	23
3.1.6 Pakkausjätedirektiivi ja valtioneuvoston päätös pakkauksista ja pakkusjätteistä (VNp 962/97).....	25
3.1.7 Valtioneuvoston päätös keräyspaperin talteenotosta ja hyödyntämisestä (VNp 883/1998).....	27
3.1.8 EU:n jätteenpolttodirektiivi.....	29
3.1.9 Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä (SFS 5875).....	30
3.1.10 Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä (VNp 296/97).....	30
3.1.11 Ilmastostrategia ja jätehuolto.....	31
3.2 Suomen energiantuotantorakenne.....	31
3.3 Bioenergian käyttöä ohjaava lainsäädäntö ja direktiivit.....	33

3.3.1	Tulevaisuuden energia: uusiutuvat energialähteet - Yhteisön strategiaa koskeva valkoinen kirja.....	33
3.3.2	Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma.....	34
3.3.3	EU:n RES-E-direktiivi	35
3.3.4	Suurten polttolaitosten (LCP) direktiivin muutos	36
3.3.5	EU-alueen visiot jätteiden energiakäytölle	38
4.	Jättemäärät Suomessa	39
4.1	Jätteiden tilastointi.....	39
4.2	Yhdyskuntajättemäärät Suomessa	40
4.2.1	Yhdyskuntajäte.....	40
4.2.2	Kotitalousjätteen, yhdyskuntajätteen ja kuivajätteen keskimääräinen koostumus	42
4.3	Yhdyskuntalietteet.....	44
4.4	Rakennusjätteet Suomessa.....	45
4.5	Teollisuuden jätteet	47
4.5.1	Metsäteollisuuden jätteet.....	48
4.5.2	Puutuoteteollisuus (huonekalu-, levy-, mekaaninen puunjalostusteollisuus).....	49
4.5.3	Elintarviketeollisuus.....	50
4.5.4	Muu teollisuus.....	51
4.6	Jättemäärien kasvu vuoteen 2020	51
4.7	Vertailu Ruotsin jättemääriin ja tilastointiin	52
5.	Kierrätyspolttoaineiden valmistus Suomessa	54
5.1	Kotitalousjätteen käsittely	58
5.1.1	Pirkanmaan Jätehuolto Oy	58
5.1.2	Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy	60
5.1.3	Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy.....	62
5.1.4	Kymenlaakson Jäte Oy.....	63
5.1.5	Ab Afallsservice Stormossen Jätehuolto Oy, Oy Botnjarosk Ab, Oy Ekorosk Ab.....	64
5.2	Kaupan, teollisuuden ja yritysten jäte sekä rakennusjäte	65
5.2.1	Sita Finland Oy.....	65
5.2.2	Säkkiväline Ympäristöpalvelut Oy	65
5.2.3	ET Energiatuote Oy.....	66
6.	Uudet tekniikat jätteenkäsittelyssä.....	67
6.1	Mekaanis-biologinen käsittely.....	67
6.1.1	Herhof-kuivastabilointi	68
6.1.2	Anaerobinen prosessi - Valorga ja Citec.....	69
6.2	Uudempiä REF-asemakonsepteja.....	71

6.2.1	SORTEC 3.0	71
6.2.2	Urban mill -konsepti	72
7.	Jätteiden energiakäyttötekniikat.....	75
7.1	Suora rinnakkaispoltto.....	76
7.1.1	Leijukattilat	76
7.1.2	Arinakattilat.....	79
7.2	Epäsuora rinnakkaispoltto	79
7.3	Jätteenpolttolaitokset	85
7.3.1	Perinteiset massapolttolaitokset	85
7.3.2	Leijukattilat REF/RDF:lle.....	86
7.3.3	Energos.....	88
7.3.4	Thermoselect	89
8.	Jätteiden hyödyntämisketjut ja -tekniikat ja niiden merkitykset CO ₂ -päästöihin	92
8.1	Kaatopaikkasijoitus ja biokaasun keräily	93
8.2	Sekajätteen massapoltto.....	94
8.3	Syntypistelajittelu, REF-valmistus ja energiantuotanto	95
8.4	SORTEC- ja Urban Mill -prosessit	95
8.5	Kompostointi ja biokaasutus	96
9.	Jätteiden energiakäyttöskenaariot	98
9.1	CO ₂ -päästöt eri skenaarioissa.....	98
9.1.1	Kaatopaikkadirektiivin minimivaatimukset (– palavan jätteen kaatopaikkamaksimi)	101
9.1.2	Orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto	101
9.1.3	Hyötykäyttöoptimi	103
9.2	Jätteiden polttokapasiteettitarve eri skenaarioissa.....	104
9.2.1	Nykykehitys	104
9.2.2	Kaatopaikkadirektiivin minimivaatimukset.....	105
9.2.3	Polttokelpoisen jätteen kaatopaikkakielto.....	106
9.2.4	Hyötykäyttöoptimi	107
9.3	Polttokelpoisen jätteen sovitus Suomen energiantuotantoon	108
9.4	Kustannuksista.....	109
10.	Kehitystarpeet	112
	Lähdeluettelo	114

Lyhenteet

<i>Biohajoava jäte</i>	jäte, joka voi hajota aerobisesti tai anaerobisesti (biodegradable waste)
<i>CHP</i>	yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto (combined heat and power production)
<i>Jäte</i>	aine tai esine, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä
<i>Kuivajäte</i>	jäljelle jäävä polttokelpoinen jätejake, kun yhdyskuntajätteestä on lajiteltu erilleen paperi, lasi, metalli ja biojäte.
<i>Lämpölaitos</i>	laitos, joka tuottaa vain lämpöenergiaa, esim. kaukolämpöä
<i>MSW</i>	ks. yhdyskuntajäte (municipal solid waste)
<i>REF</i>	kierrätyspolttoaine (recovered fuel), yhdyskuntien ja yritysten polttokelpoisista, kuivista, kiinteistä ja syntypaikoilla lajitelluista jätteistä mekaanisella käsittelyprosessilla valmistettu polttoaine.
<i>RDF</i>	lajittelemattomasta yhdyskuntajätteestä mekaanisella käsittelyprosessilla valmistettu polttoaine (refuse derived fuel)
<i>Syntypaikkalajittelu</i>	jätteiden lajittelu ja erillään pitäminen niiden syntypaikalla
<i>toe</i>	ekvivalenttinen öljytonni = 40,61 GJ
<i>Yhdyskuntajäte (MSW)</i>	asumisessa syntyvä jäte sekä ominaisuuksiltaan, koostumukseltaan ja määrältään siihen rinnastettava teollisuudessa, kaupassa tai muussa vastaavassa toiminnassa syntyvä jäte (municipal solid waste).

1. Johdanto

1.1 Tausta

Suomi on YK:n ilmastopöytäkirjan kokouksessa Kiotossa joulukuussa 1997 sopinut kasvihuonekaasujen vähentämisestä ilmaston lämpenemisen uhkan torjumiseksi. Ilmastopöytäkirjassa on mukana 167 valtiota.

Kiotoon pöytäkirjassa on asetettu kasvihuonekaasujen (CO₂, CH₄, N₂O, HFC-yhdisteet, PFC-yhdisteet, SF₆) päästövähennystavoitteet teollisuus- ja siirtymätalouksille. Ensimmäiselle sitoumuskaudelle vuosiksi 2008–2012 on EU:lle asetettu 8 %:n vähentämistavoite vuoden 1990 tasosta. EU:n tavoite on jaettu jäsenmaiden kesken niin, että Suomen tavoitteeksi on asetettu päästöjen vakiinnuttaminen vuoden 1990 tasolle. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että Suomen tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vuoteen 2010 mennessä noin 14–15 milj. t CO₂/a. (KTM 2001)

Suomen kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 1990 yhteensä noin 76 milj. t CO₂. Pääosa päästöistä on poltossa syntyvää hiilidioksidia. Päästöt vaihtelevat vuosittain talouden ja energiavaltuutuksen toimialojen kehityksen, vesivoimatilanteen ja uusiutuvien energialähteiden käytön mukaan. Lisäksi kehitykseen ovat vaikuttaneet ne 1990-luvun toimenpiteet, joilla on jarrutettu energian kulutuksen kasvua ja vauhditettu mm. biopolttoaineiden käyttöönottoa sekä vähennetty kaatopaikkojen metaanipäästöjä. Päästötaseissa ei huomioida puun poltosta syntyvää hiilidioksidia, vaan mukana ovat polttoaineiden päästöistä vain fossiilisten polttoaineiden ja turpeen polton päästöt. (KTM 2001)

Jätehuollon osuus (lähinnä metaania) Suomen kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 1990 oli noin 8 %. Jätehuollossa on vähennetty kaatopaikkakaasuja 1990-luvun aikana kaatopaikkojen kaasunkeräysjärjestelmien ja muiden jätehuollon toimenpiteiden kautta. Jätehuollossa on kuitenkin vielä potentiaalisia vähennysmahdollisuuksia, joita on tarkasteltu tässä julkaisussa. Jätehuollossa lainsäädännöllisillä toimenpiteillä on merkittävät vaikutusmahdollisuudet alan toimintojen kehittymiseen tulevaisuudessa.

1.2 Tavoitteet

Tämä työ on tehty Tekesin Climtech-ohjelmassa Jätehuollon toimenpiteiden vaikutus kasvihuonepäästöihin -projektissa. Projektin tavoitteena oli selvittää jäteperäisten kasvihuonekaasupäästöjen määrä Suomessa vuonna 1990 ja vuonna 2000, arvioida kasvihuonekaasupäästöjen määrät vuoteen 2020 sekä tarkastella niiden vähentämismahdollisuuksia eri skenaarioissa. Tavoitteena oli myös selvittää uusien tekniikoiden kehitystarpeita ja suomalaisen teknologian vientimahdollisuuksia.

Projekti jaettiin kolmeen osatehtävään, joista jokaisesta tehtiin erilliset, itsenäiset osaraportit. Tässä julkaisussa on arvioitu jätteiden energiakäytön ja vastaavasti biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoituksen vähentämisen vaikutuksia CO₂-päästöihin erilaisilla jätteiden energiakäytön ja kaatopaikkasijoituksen skenaarioilla vuoteen 2020 asti. Tarkoituksena on tuoda esille erilaisia tekniikkavaihtoehtoja ja alueellisia ratkaisuvaihtoehtoja jätteiden energiakäytön osalta sekä niiden vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin.

Kaatopaikkakaasujen kasvihuonekaasupäästöjä ja niiden historiaa on tarkasteltu laajemmin kaatopaikkakaasut-osatehtävän osaraportissa (Tuhkanen 2001a).

2. Työn tarkastelutapa ja metodit

Tässä selvityksessä paneuduttiin jätehuollon kasvihuonekaasupäästöihin jätteiden energiakäytön kannalta. Lähtökohdaksi otettiin syntypaikkalajitteluun perustuva jätehuolto.

2.1 Julkaisun rakenne

Tämä julkaisu on Climtech-ohjelman jätehuollon toimenpiteiden vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin -selvityksen jätteiden energiakäyttö -osatehtävän loppuraportti.

Julkaisun alussa (kappale 3) on tarkasteltu jätehuoltoa koskevaa lainsäädäntöä ja standardointia. Tietyillä säädöksillä, kuten kaatopaikkadirektiivillä ja valtioneuvoston päätöksellä kaatopaikoista sekä jätteenpolttodirektiivillä, on suuriakin vaikutuksia tulevaisuuden jätteiden energiakäytölle Suomessa. Lisäksi kappaleessa on kuvattu Suomen energiantuotannon ominaispiirteitä, joilla myös on vahva vaikutus jätteiden energiakäytön vaihtoehtoihin. Kappaleessa 4 on esitetty Tilastokeskuksen, Suomen ympäristökeskuksen ja VTT Energian selvitysten perusteella kerätty tieto Suomessa syntyvistä jätemääristä ja arvioitu Suomessa syntyvän polttokelpoisen jätteen määrää alueittain. Teollisuuden jättejakeiden kohdalla on lähtötietoina käytetty osittain Metsäteollisuus ry:n tilastoja, Tilastokeskuksen ja VTT Energian selvityksiä. Jätteiden ominaisuuksia on arvioitu Suomen ympäristökeskuksen, Tilastokeskuksen sekä VTT:n tekemien selvitysten perusteella.

Luvuissa 5–7 on kuvattu olemassa olevia jätteenkäsittelyvaihtoehtoja ja konsepteja. Erilaisilla käsittelytekniikoilla syntyvät jätteet (esim. biokaasutus, kompostointi, poltto) ja kasvihuonekaasupäästöt vaihtelevat, joten tekniikoiden valinnoilla on myös merkitystä kasvihuonekaasupäästöihin. Jätteiden hyödyntämisketjujen ja -tekniikoiden merkityksiä kasvihuonekaasupäästöihin on tarkasteltu luvussa 8. Viimeisissä luvuissa on käsitelty jätteiden energiakäytön kasvihuonekaasupäästöjen vähentämismahdollisuuksia Suomessa kolmessa valitussa skenaariossa (luku 9) ja arvioitu niiden vaikutuksia Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Polttokelpoiset jätteet on jaettu alueellisesti ja arvioitu energiakäytön vaihtoehtoja ja niiden vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin. Lopuksi on arvioitu alueen lisätutkimustarpeita.

2.2 Tarkastelun laajuus

Tarkastelussa arvioitiin Suomen kasvihuonekaasupäästöjä jätteiden energiakäytön lisäämisen ja kaatopaikkasijoituksen vähentämisen eri skenaarioissa. Jätteiden energiakäytön osalta tarkasteltiin kolmea eri skenaariota jätteiden kaatopaikkasijoituksen vä-

hentämiseen. Tarkasteluun valittiin jätteiden rinnakkaispolttovaihtoehdot, sataprosenttiset REF-laitokset tai pienet jätteille soveltuvat lämpölaitokset, sillä näiden on todettu soveltuvan Suomen energiantuotantorakenteeseen. Polttokelpoiset jätteet sijoitettiin aluekohtaisesti jätteiden energiakäyttöön soveltuviin lämpö- ja voimalaitoksiin (joko olemassa oleviin tai alueelle mahdollisesti rakennettaviin laitoksiin), ja näiden aluekohtaisten tarkastelujen perusteella arvioitiin jätteiden energiakäytön vaikutuksia Suomen kasvihuonekaasupäästöihin kolmessa valitussa skenaariossa.

Lähtökohtavuotena pidettiin vuotta 1997, sillä vuoden 1997 tilastot ovat Suomen ympäristökeskuksen ja Tilastokeskuksen selvitysten osalta kattavimmat. Jätteiden määriä arvioitiin kasvuennusteiden ja odotusten mukaisesti vuosille 2000, 2010 ja 2020. Vuoden 1990 taso arvioitiin Suomen ympäristökeskuksen selvitysten perusteella. Pääosa tarkastelusta kohdistettiin vuodelle 2010, joka on lähellä oleva Kioton sopimuksen tarkastusvuosi.

Päästöjen laskennassa on huomioitu

- kaatopaikkojen kasvihuonekaasupäästöt ja niiden väheneminen
- jätteiden energiakäytön kasvihuonekaasupäästöt joko korvaamalla fossiilisia tai ei-fossiilisia polttoaineita rinnakkaispolttolaitoksissa tai pienissä lämpölaitoksissa.

Toisaalta tarkastelussa ei ole huomioitu seuraavia seikkoja:

- energiansäästöä ja päästövähennyksiä, jotka saavutetaan, kun mekaanisessa erotuksessa saadaan vielä kierrätykseen kelpavaa materiaalia
- jätteiden keräyksessä, kuljetuksessa ja käsittelyssä syntyviä jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjä
- jätteiden esikäsittelyssä (mekaaninen käsittely, mekaanis-biologinen käsittely) syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä
- N₂O:n, CFC:n, HFC:n ja HCFC:n päästöjä jätehuollosta (lannoiteteollisuus, jääkaapit, kotitalouksien sähkölaitteet).

2.3 Jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjen laskenta

2.3.1 Jätteiden energiakäyttö

Hiilidioksidia vapautuu fossiilisia polttoaineita poltettaessa. Jätteessä oleva hiili voi vapautua joko hiilidioksidina tai metaanina prosessissa. Biohajoavissa jätteissä (paperi, orgaaninen aine, puutarhajätteet) hiili on sitoutunut ilmakehästä fotosynteesissä. Kun tämä hiili vapautuu edelleen hiilidioksidiksi jätteen käsittelyssä, palautuu hiilidioksidi

tällöin takaisin ilmakehään, eikä sen tällöin lasketa vaikuttavan kasvihuonekaasupäästöihin niitä lisäävästi. Jos kuitenkin hiilidioksidi vapautuu metaanina, sillä on suurempi kasvihuonekaasupäästövaikutus, ja se tulee laskea päästöihin.

Jättemateriaaleista muovissa oleva hiili on fossiilisista lähteistä peräisin, jolloin muovin polttaminen vapauttaa varastoitunutta hiiltä ilmakehään, joten siitä peräisin oleva hiilidioksidipäästö lisää kasvihuonekaasupäästöjä. Jätteet sisältävät fossiilisista lähteistä peräisin olevaa materiaalia lähinnä muovituotteissa ja tekstiileissä.

Jätteiden poltto aiheuttaa siis jonkin verran fossiilisperäisiä päästöjä, jotka riippuvat lähinnä jätteen sisältämän muovin osuudesta. Kierrätyspolttoaineille päästökerroin on karkeasti arvioiden noin 30 g CO₂/MJ (tässä oletettu muovin osuus 17 m-%, osuus vaihtelee syntyypisteestä riippuen), joka on kuitenkin alle kolmasosa kivihiilen polton päästöistä. (Ohlström *et al.* 1999)

Tässä tarkastelussa on oletettu, että kierrätyspolttoaineilla korvataan kaikkialla fossiilisia polttoaineita. Jos jossakin yksittäisessä kattilassa korvattaisiin puuta, ohjautuisi puu johonkin toiseen kattilaan korvaamaan fossiilisia polttoaineita tai turvetta.

2.3.2 Kaatopaikat

Kaatopaikkojen metaanipäästöt on Suomessa laskettu ns. massatasemallin perusteella, jolla arvioidaan kaatopaikoille kunakin vuonna sijoitettujen jätemäärien perusteella ko. vuoden päästöt. Massatasemenetelmässä siis oletetaan, että jätteiden muodostuminen metaaniksi tapahtuisi samana vuonna kun jätteet tuodaan kaatopaikalle.

Taulukossa 1 on kuvattu Suomen metaanipäästöjä (Mt CO₂-ekv.) vuosina 1990–1999 (Tilastokeskus 2000).

Taulukko 1. Suomen metaanipäästöt eri sektoreilta vuosina 1990–1999 (massatasemalli).

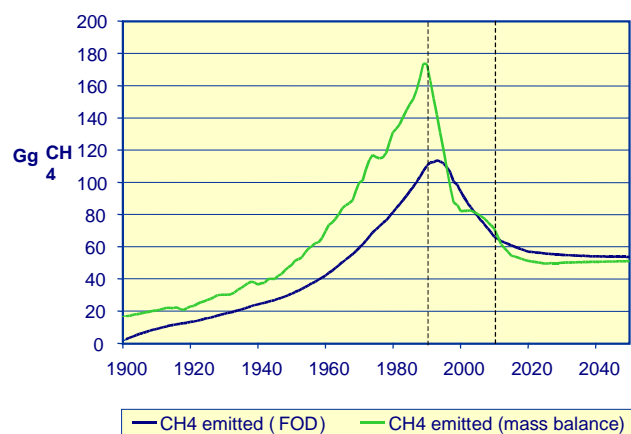
Sektori	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Energia	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Teollisuusprosessit	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Maatalous	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Kotieläimet	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Lannankäsittely	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Jätteet	3,7	3,4	3,0	2,6	2,4	2,4	2,2	1,9	1,8	1,7
Yhteensä	6,1	5,7	5,2	4,8	4,6	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9

Metaanipäästöt ovat nykyisen massatasemalliin perustuvan laskentamenetelmän mukaan vähentyneet vuodesta 1990 noin 1,8 Mt CO₂-ekv. ja vähennykset ovat lähes täysin peräisin kaatopaikoilta kerätystä metaanista ja kaatopaikkasijoituksen vähenemisestä. Tulevaisuudessa nämä luvut voivat muuttua käytettävän laskentamenetelmän mukaisesti, jos siirrytään massatasemallista dynaamiseen malliin. (Savolainen *et al.* 2001)

IPCC (International Panel of Climate Change) on organisaatio, joka laatii mm. ohjeet kasvihuonekaasupäästöjen laskennasta. IPCC-ohjeissa on eri tasoisia laskentamenetelmiä (Tier1, Tier2, jne.) ja ne ovat joustavia menetelmien valinnan suhteen. Käytännössä tämä onkin aiheuttanut sen, että eri maiden inventaarit ovat olleet hyvin eri tasoisia ja päästöjen vertailtavuus on ollut vaikeaa. IPCC onkin kehittänyt ilmastopöytäkirjan toimeksiannosta ns. hyvän arviointikäytännön ohjeet (IPCC Good Practice Guidelines and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories). (Pipatti 2001)

IPCC:n hyvän arviointikäytännön ohjeiden mukaan jätehuollon kasvihuonekaasupäästöt tulisi laskea käyttäen ns. dynaamista mallia. Mallissa orgaanisen jätteen hajoaminen tapahtuu pidemmän ajan kuluessa, kuten se luonnossa tapahtuu. Tällöin esimerkiksi vuoden 1990 päästöt ovat merkittävästi alhaisemmat kuin massatasemallilla laskettuna. Kun siirrytään dynaamisen laskentamallin käyttöön, pienenee 1990-luvulla tapahtunut päästövähennys merkittävästi. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki massatase- ja dynaamisen mallin välisestä erosta. (Tuhkanen 2001a).

Esimerkki massatasemallin ja dynaamisen mallin eroista



Kuva 1. Esimerkki massatasemallin ja dynaamisen mallin eroista. (Tuhkanen 2001a)

Metaanin osuudeksi kaatopaikkakaasusta oletetaan IPCC:n mukaan 0,5 ja metaanin korjauskertoimeksi 0,7. Suomessa käytettävät hajoamiskelpoisen orgaanisen hiilen osuudet (DOC) on esitetty taulukossa 2.

Kaatopaikkojen metaanipäästöjen ja jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnissa on suuria epävarmuuksia (Pipatti *et al.* 1996). Nämä epävarmuudet koskevat mm. metaanin muodostumista erilaisilla kaatopaikoilla sekä kaatopaikkojen historiaa ja läjitettyjä jätemääriä. Aktiiviteettidatan arvioitu epävarmuus on noin 30 % ja päästökertoimien virheen epävarmuus on 40 %. Kaatopaikkojen tiedot ovat parantuneet huomattavasti 1990-luvulla vaakojen yleistyttyä kaatopaikoilla. Päästökertoimet perustuvat pääasiassa IPCC:n ohjeisiin eikä niiden soveltuvuudesta ja tarkkuudesta Suomen olosuhteisiin ole tarkkaa arviota. (Pipatti 2001)

Taulukko 2. Jätehuollon kasvihuonekaasupäästölaskennassa käytetyt DOC- (degradable organic carbon) pitoisuudet Suomessa. (Dahlbo et al. 2000)

Kiinteät jätteet	DOC
tekstiili, paperi, pahvi, kartongit	0,40
puu, kuori	0,30
keittiö- ja pihajäte	0,16
muovi, lasi, metalli, tuhka, hiekka, betoni, muu palamaton	0,00
soodasakka (kuiva-ainemäärästä)	0,02
sekalainen rakennusjäte	0,069
kiinteä yhdyskuntajäte	0,197
Lietteet (kuiva-ainemäärästä)	
metsäteollisuuden jätevesiliete, muun teollisuuden lietteet	0,45
siivous- ja kuituliete	0,30
pastalietteet	0,10
yhdyskuntajätevesilietteet	0,50

Tässä tarkastelussa kaatopaikkojen metaanipäästöt on arvioitu käyttäen massatasemallia, koska kansallisessa ilmasto-ohjelmassa jätehuollon vaikutukset on laskettu käyttäen massatasemallia eikä dynaamisen mallin käytöstä ole vielä tehty päätöstä.

2.3.3 Materiaalihyötykäyttö ja kierrätys

Kierrätys ja materiaalien uudelleenkäyttö vähentävät tarvittavien raaka-aineiden käyttöä ja usein myös energiankäyttöä. Taulukossa 3 on kuvattu neitseellisen raaka-aineen ja kierrätysraaka-aineen käytöstä syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä/tonni tuotetta eri materiaaleille.

Taulukko 3. Kasvihuonekaasupäästöt / tonni tuotetta * neitseellisen raaka-aineen ja kierrätys-raaka-aineen käytöstä. (Dahlbo et al. 2000)

Jätejäte	Neitseellinen raaka-aine	Kierrätysraaka-aine
Paperi	0,55	0,38
Pahvi ja kartonki	0,38–0,64	0,47–0,55
Muovi		
PET	1,16	0,45
HDPE	0,70	0,28
LDPE	0,89	0,33
Lasi	0,16	0,07
Metalli		
Fe-tölkit	1,12	0,53
Al-tölkit	5,39	0,72

* tonnia CO₂-ekv. /tonni materiaalia; käytetty lukuja, jotka koskevat tuotantoa neitseellisestä raaka-aineesta sekä kierrätysraaka-aineesta. Päästöissä mukana prosessi- ja kuljetusenergia sekä muut kuin energiankulutuksesta tulevat päästöt. Huom! Lukuja ei voi sellaisenaan käyttää Suomen olosuhteissa.

Metalliteollisuus käyttää runsaasti energiaa terästuotteiden ja erityisesti alumiinin valmistuksessa. Rautaruukki (1999) on arvioinut, että rautapohjaisen teräksen valmistus tuottaa noin 2 t CO₂/t terästä enemmän hiilidioksidipäästöjä kuin valmistettaessa terästä romuraudasta. Lasin valmistus kierrätyslasista tuottaa noin 0,3 t CO₂/t lasia vähemmän päästöjä kuin neitseellisen materiaalin käytössä. (Tuhkanen 2001a)

Alumiinin valmistus bauksiitista tuottaa viisi kertaa enemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin alumiinin valmistus kierrätysmateriaalista. Taulukossa esitettyjen materiaalikoh- taisten kasvihuonekaasukertoimien (taulukko 3) perusteella voisi arvioida, että yhdys- kuntajätteen kierrätystä kannattaisi lisätä metallien ja alumiinin sekä muovien osalta. Varsinkin alumiinin kierrätyksellä on vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin. Muovin osalta päästöt pienenevät noin 40 %:iin siitä, mitä ne ovat neitseellisen raaka-aineeseen pohjautuvassa tuotannossa. Muovien kierrätys on kuitenkin erilaisten muovijakeiden vuoksi vaikeaa. Suomessa kiertävät muovipullot hyvin, mutta muiden muovipakkausten kierrätyksessä on vaikeuksia. (Dahlbo et al. 2000)

Pahvin valmistaminen kierrätysraaka-aineesta vaikuttaisi USEPAN tarkastelun mukaan tuottavan enemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin neitseellisestä raaka-aineesta val- mistaminen. USEPAN tutkimuksessa on neitseellisen raaka-aineen tuotannossa energia tuotettu biomassalla ja kierrätysraaka-aineprosessissa fossiilisia polttoaineita käyttäen, mikä tekee vertailun mahdottomaksi. USEPAN tarkastelussa on mukana lisäksi hiili- nielut, joista ei kuitenkaan ole kansainvälisesti vielä päästy yksimielisyyteen eikä niitä Kioton sopimuksen mukaan vielä hyväksyttyä laskentaan. (Dahlbo et al. 2000)

2.3.4 Suomen erityiskysymykset

Turpeen määrittelyllä uusiutuvaksi tai uusiutumattomaksi energialähteeksi ei ole enää vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin kaudella 2008–2012, sillä laskentamenetelmistä ja raportoinnin peruslinjoista on päätetty IPCC:ssä jo vuosina 1996 ja 2000, jolloin turvetta ei luokiteltu uusiutuvaksi. IPCC-prosessissa turpeen päästökertoimet ovat hiiltä korkeammat (taulukko 4). (KTM 2001)

Taulukko 4. Polttoaineiden CO₂-päästöt energiasisältöä kohden, g CO₂/MJ (Tilastokeskus 2000).

Polttoaine	g CO ₂ /MJ
Turve	106
Kivahiili	94,6
Raskas polttoöljy	77,4
Kevyt polttoöljy	74,1
Bensiini	72,5
Maakaasu	56,1

Suomen energiastrategiassa on otettu kanta, että turpeen käyttöön ja tuotantoon investoitua laitekantaa on tarkoituksenmukaista käyttää edelleen myös tulevaisuudessa. Suomen tavoitteena on ollut, että turvetta koskevat asiat EU:ssa jätettäisiin kansalliseen päätösvaltaan.

Tässä vaiheessa ei siis voida muuttaa turpeen kohtelua energiatuotannon polttoaineena ainakaan ensimmäisellä velvoitekaudella. Turvevoimalaitoksissa voidaan korvata turvetta puulla, mutta polttamisen ja päästöjen kannalta on edullista polttaa turpeen ja puun seosta, jolloin turpeen rikkiä sitoutuu tuhkaan ja kattilan pinnat eivät likaannu yhtä paljon kuin pelkässä puunpoltossa. (KTM 2001)

3. Jätehuoltoa ja bioenergian käyttöä ohjaavat tekijät

3.1 Jätehuoltoa ohjaava lainsäädäntö ja standardointi

Jätehuolto on ollut murroksessa kymmenen viime vuoden aikana, kun Suomen lainsäädäntö on harmonisoitu EU-lainsäädäntöä vastaavaksi. Suomi on tehnyt töitä edistyksestä, ja lainsäädäntö on yleensä harmonisoitu jopa etujassa.

Euroopan unionin jätepolitiikan ensisijainen tavoite on jätteiden synnyn ehkäiseminen, seuraavaksi jätteiden hyödyntäminen joko materiaalina tai energiana ja viimeisenä jätteiden turvallinen loppusijoittaminen. Jätehuoltoon liittyvää kansallista ja EU-tasosta lainsäädäntöä on käsitelty seuraavissa kappaleissa huomioiden erityisesti se lainsäädäntö, joka koskee orgaanisia jätejakeita. Kasvihuonekaasupäästöjen kannalta vain biohajoavalla jätteellä eli orgaanista ainesta sisältävällä jätteellä on merkitystä.

3.1.1 Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2005

Valtakunnallinen jätesuunnitelma on valtioneuvoston vuonna 1998 hyväksymä suunnitelma, jossa asetetaan tavoitteet jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentämiselle ja jätteiden hyödyntämiselle. Jätesuunnitelman mukaan tulisi jätteiden hyödyntämisaste nostaa 70 %:iin vuoteen 2005 mennessä. Jätesuunnitelmassa asetetut tavoitteet eivät ole sitovia, vaan ohjeellisia ja suuntaa antavia. Niiden tarkoituksena on antaa kansalaisille ja toiminnanharjoittajille vahva signaali siitä, mihin jätehuollossa tulisi pyrkiä. (Ympäristöministeriö 1998).

Yhdyskuntajätteiden osalta jätemäärän tulisi vuonna 2005 olla vähintään 15 % pienempi kuin kasvuennusteiden mukainen määrä ilman vähentäviä toimia. Jätteiden hyödyntämisaste tulisi nostaa vähintään 70 %:iin vuoteen 2005 mennessä (Ympäristöministeriö 1998). Tällä hetkellä yhdyskuntajätteiden hyödyntämisaste on noin 40 %, eikä 70 %:n hyödyntämisastetta saavuteta ilman jätteiden energiakäytön lisäämistä. Ympäristöministeriö (Vehkalahti 2000) on arvioinut, että jätteiden energiakäyttöön tulisi ohjata tulevaisuudessa noin 1 milj. t/a lisää jätettä, jotta 70 %:n hyödyntämisaste saavutettaisiin. Tämä merkitsisi sitä, että vuonna 2005 yhdyskuntajätteitä käytettäisiin energiana noin 0,6 milj. t/a EU:n jätteenpolttodirektiivin vaatimukset täyttävissä laitoksissa. (Vehkalahti 2000)

Myös rakennusjätteiden osalta hyödyntämisaste tulisi nostaa vähintään 70 %:iin vuoteen 2005 mennessä. Valtioneuvoston päätös 295/1997 edellyttää rakennusjätteiden lajittelua syntypaikalla, mikä on edesauttanut rakennusjätteiden hyödyntämisasteen nostamista.

Tällä hetkellä on toiminnassa useita pieniä ja keskisuuria rakennusjätteiden hyödyntämisasemia, joissa rakennusjätteestä erotetaan hyödynnettäviä materiaaleja ja/tai valmistetaan kierrätyspolttoainetta energiahyötykäyttöä varten. Vehkalahden (2000) mukaan voitaisiin vuonna 2005 hyödyntää energiana rakennusjätteistä noin 0,4 milj. t/a.

Teollisuuden jätteiden keskimääräinen hyödyntämisyhteys tulisi nostaa vähintään 70 %:iin vuoteen 2005 mennessä. Teollisuuden sivuvirtoja on jo teollisuuden omasta tuotannollisesta toiminnasta vähennetty ja toisaalta metsäteollisuuden jätteiden hyödyntäminen energiana on jo nyt korkea, joten siellä hyödyntämisyhteys saavuttaminen on realistisesti mahdollista jo nykyisin tai pienin lisäinvestoinnein. Teollisuuden jätekertymästä hyödynnettiin jo vuonna 1992 noin 59 % ja vuonna 1997 noin 64 %. Varsinkin mekaanisen metsäteollisuuden (97 %:n hyödyntämisyhteys) ja paperiteollisuuden (68 %:n hyödyntämisyhteys) hyödyntämisyhteys olivat jo vuonna 1992 korkeat. (Ympäristöministeriö 1998, Vahvelainen ja Salomaa 2000).

Jätesuunnitelmaa ollaan uudistamassa. Tarkistettu jätesuunnitelma korvaa vuonna 1998 hyväksytyt jätesuunnitelman muutamaa kohtaa lukuun ottamatta. Jätesuunnitelman päivityksessä on tarkoitus esittää konkreettisempia keinoja, joilla hyötykäyttötavoitteet saavutettaisiin. Ehdotuksen mukaan (Ympäristöministeriö 2001) kiellettäisiin orgaanisen jätteen sijoittaminen kaatopaikalle vuodesta 2010 alkaen. Biokaasu tulisi kerätä myös käytöstä poistetuilta kaatopaikoilta, joilla syntyy merkittäviä määriä kasvihuonekaasupäästöjä. Jätevero on ehdotettu korotettavaksi 170 mk:aan/t vuodesta 2003 alkaen. Lisäksi on ehdotettu sen laajentamista koskemaan myös teollisuuden kaatopaikkoja. Standardien mukaan valmistettu kierrätyspolttoaine ja biokaasu rinnastettaisiin verotuksessa biopolttoaineisiin. Lisäksi teollisuuden jätejakeille asetetaan toimialakohtaiset hyödyntämistavoitteet. Ehdotus tarkistetuksi jätesuunnitelmaksi vuoteen 2005 on tarkoitus viedä käsiteltäväksi valtioneuvostoon vuoden 2002 aikana. (Ympäristöministeriö 2001)

3.1.2 Kaatopaikkadirektiivi sekä valtioneuvoston päätökset kaatopaikoista (VNp 861/97 ja 1049/99)

Kaatopaikkadirektiivi astui voimaan 1999. Valtioneuvoston päätös vuodelta 1997 vastasi jo suurelta osin kaatopaikkadirektiiviä, ja tarvittavat muutokset on tehty päätöksessä 1049/99.

Kaatopaikalle ei saa 1.1.2002 jälkeen sijoittaa jätettä, jota ei ole esikäsitelty. Vuoden 2004 jälkeen kaatopaikalle ei saa läjittää asumisesta syntynyttä tai ominaisuuksiltaan ja koostumukseltaan vastaavaa teollisuusjätettä, josta suurinta osaa biohajoavasta jätteestä ei ole kerätty erillään muusta jätteestä hyödyntämistä varten. Kaatopaikalla tarkoitetaan

vuoden 2002 alusta lähtien jätteiden käsittelypaikkaa, jossa jätettä sijoitetaan maan päälle tai maahan, mukaan lukien tuotantopaikan yhteydessä oleva paikka, jonne jätteen tuottaja sijoittaa omaa jätettään. Lisäksi määritelmä sisältää yli vuoden käytössä olevan paikan, jossa jätettä varastoidaan väliaikaisesti. Kaatopaikkakaasut tulee kerätä talteen ja ne on mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävä kaikilla kaatopaikoilla 1.1.2002 lähtien. Käytössä olevan kaatopaikan tulee täyttää kaatopaikan pohjarakenteita koskevat vaatimukset 1.11.2007 lähtien.

Kaatopaikkakaasujen talteenotto on siis hoidettava käytössä olevilla kaatopaikoilla vuoden 2002 alusta lähtien. Vuoteen 2002 mennessä lopetetuilta kaatopaikoilta ei määrysten mukaan tarvitse kerätä kaatopaikkakaasuja. Pienten ja vanhojen kaatopaikkojen osalta tällä ei ole välttämättä merkitystä, koska kaasujen syntyminen on voinut jo lakata tai kaasun tuotto on pienentynyt huomattavasti. Oma kysymyksensä on, tulisiko isoja lopetettuja kaatopaikkoja velvoittaa kaatopaikkakaasujen keräykseen.

Kaatopaikkakaasujen talteenoton lisäksi kaatopaikkadirektiivi ja valtioneuvoston päätökset kaatopaikoista asettavat vielä rajoituksia biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoitukselle. Kaatopaikkadirektiivin mukaan tulee biohajoavan yhdyskuntajätteen määrää vähentää 75 %:iin vuoteen 2006 mennessä, 50 %:iin vuoteen 2009 mennessä ja 35 %:iin vuoteen 2016 mennessä (OJ 16.7.1999). Valtioneuvoston päätös kattaa siis rajoitukset vuoteen 2009 mennessä, mutta vuoden 2016 tavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan muutos valtioneuvoston päätökseen.

Kaatopaikkadirektiivin vähentämistavoitteet ovat melko maltilliset ja ne antavat valtioille aikaa sopeutua korvaavan kapasiteetin rakentamiseen. Useissa Euroopan maissa on kuitenkin haluttu ottaa tiukempi linjaus kaatopaikkasijoituksen vähentämiseen. Esimerkiksi Ruotsissa on asetettu polttokelpoisen jätteen kaatopaikkakielto vuoteen 2002 mennessä ja orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto vuoteen 2005 mennessä (RVF 2000). Saksassa astuu polttokelpoisen jätteen kaatopaikkakielto voimaan vuonna 2005 ja Hollannissa vuonna 2001. Suomessa laaditaan vuosina 2001–2002 strategia biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoitukselle. Tällä hetkellä voimassa oleva päätös ei koske esimerkiksi yhdyskuntalietteitä eikä teollisuuden biohajoavia jätteitä.

Kaatopaikkadirektiivin mukaisesti tulisi kaatopaikan vastaanottomaksuilla kattaa kaatopaikan perustamisesta, hoidosta, lopettamisesta ja jälkihoidosta muodostuvat kustannukset. Kaatopaikkamaksujen täysimittainen periminen olisikin eräs tekijä, joka lisäisi uusiin jätteenkäsittelyvaihtoehtoihin kohdistuvaa kiinnostusta. Vuonna 2000 kaatopaikkamaksut olivat keskimäärin 300 mk/t sisältäen jäteveron 90 mk/t.

3.1.3 Jäteverolaki (495/1996)

Suomessa jäteveroa (90 mk/t) on maksettava jätteestä, joka toimitetaan kaatopaikalle. Veroa ei tarvitse kuitenkaan maksaa erilliskeräystä biojätteestä eikä jätevedenpuhdistamon lietteistä, jotka kompostoidaan tai muuten käsitellään biologisesti kaatopaikalla tätä varten varatulla erillisellä alueella eikä keräyspaperin puhdistuksessa syntyvästä siistausjätteestä. Jätevero ei koske teollisuuden jätteitä, vaikka jäteveron laajentamisesta myös teollisuusjätteisiin käydään runsaasti keskustelua eri tahoilla.

Ruotsissa jätevero on nostettu hintaan 250 SEK/t vuoden 2000 alusta kaikelle jätteelle kaatopaikkasijoitusta vähentämään ja täydentämään. Tämä koskee sekä teollisuuden että yhdyskuntien jättejakeita. Jäteverolla pyritään konkreettisesti ohjaamaan jätteiden käsittelyä. Ehdotuksessa tarkistetuksi valtakunnalliseksi jätesuunnitelmaksi vuoteen 2005 (Ympäristöministeriö 2001) on ehdotettu jäteveron nostamista 170 mk:aan/t ja sen laajentamista koskemaan myös teollisuuden kaatopaikkoja.

3.1.4 Ehdotus biohajoavan jätteen biologiselle käsittelylle

Komissiosta tuli EU:n jäsenmaille kommentoitavaksi työpäperi biohajoavan jätteen biologisesta käsittelystä lokakuussa 2000. Vuonna 1995 Euroopan unionin alueella syntyi noin 200 miljoonaa tonnia jätettä, josta noin puolet on biohajoavaa. Biohajoavan jätteen käsittelytekniikat ovat siis nousemassa merkittävään asemaan, kun jätteiden kaatopaikkasijoitusta tulisi vähentää. Kaatopaikkadirektiivi ei määrittele tapaa, jolla biohajoavan jätteen läjitystä voidaan vähentää. Tämän vuoksi komissio on laatinut työraportin herättämään keskustelua asiantuntijoiden, teollisuuden ja päättäjien kesken biohajoavan jätteen käsittelystä.

Työraportissa esitetään, että biohajoavan jätteen käsittelyssä tulisi edistää seuraavia käsittelytekniikoita (lueteltu tärkeysjärjestyksessä) kustannukset huomioiden:

- biohajoavan jätteen synnyn estäminen tai vähentäminen (esim. yhdyskuntaliete)
- biohajoavan jätteen uudelleenkäyttö (esim. pahvi)
- biohajoavan jätteen kierrätys uudeksi tuotteeksi (esim. paperi, pahvi)
- erikseen kerätyn biohajoavan jätteen kompostointi tai biokaasutus
- mekaanis-biologinen stabilointi lajittelemattomalle biohajoavalle jätteelle
- biohajoavan jätteen energiakäyttö.

Biohajoavien jättejakeiden erilliskeräys tulisi järjestää, jolloin biohajoavan jätteen kontaminoituminen estyisi. Erityisesti kotitalouksien biojäte sekä ravintoloiden, koulujen ja julkisten tilojen biojäte tulisi kerätä erikseen. Samoin kaupoissa ja teollisuudessa synty-

vä biohajoava jäte tulisi kerätä erikseen. Vaikka paperi ja pahvi ovat biohajoavaa jätettä, nämä tulisi aina yrittää ensisijaisesti kierrättää.

Ennen polttoa yhdyskuntajätteestä lajittelun jälkeen jäljelle jäävä fraktio pitäisi käsitellä erottamalla siitä vielä kierrätykseen kelpaava tavara. Tämä kannustaa ns. Suomen mallia, jossa jäte ensin lajitellaan kotitalouksissa, ja siitä vielä prosessoinnilla erotetaan haitallisia aineita tai kierrätykseen kelpaavaa materiaalia REF-laitoksissa.

Ehdotus asettaa kompostiprosessille rajoituksia ja kompostituotteen haitta-ainepitoisuuksille (raskasmetallit) raja-arvoja. Lisäksi se jakaa tuotteet kolmeen eri luokkaan haitta-ainepitoisuuksien mukaan. Tämä voi toisaalta edistää tuotteen kaupankäyntiä, mutta toisaalta se toisi myös lisäkustannuksia analyyseistä. Biokaasutukselle asetetaan samoin vaatimuksia prosessille ja hydrolyysijäännöksen laadulle sekä raja-arvot biokaasua käyttävien polttomoottoreiden päästöille.

Biohajoavan jätteen käsittely ja kaatopaikoille vaihtoehtoisten käsittelyjärjestelmien ja jätteiden erilliskeräyksen kehittäminen ovat tärkeitä näkökohtia. Kehitystyö mahdollistaisi toimivien käsittelyjärjestelmien synnyn biohajoavalle jätteelle kaatopaikkojen sijasta. Suomessa jätehuolto perustuu syntypistelajitteluun parantaen siten materiaalikierrätystä, joten meillä tämä asia on jo pitkälle huomioitu.

3.1.5 Euroopan unionin jäteluettelo (EWC)

Euroopan unionin jäteluettelo (EWC) pyrkii yhtenäistämään jätteiden tilastointia. Jäteluettelo listaa jätteitä ja ongelmajätteitä käyttäen kuusinumeroista koodausjärjestelmää, joka perustuu löyhästi jätteen tuotantopaikkaan. Jonkin aineen sisällyttäminen jäteluetteloon ei kuitenkaan tarkoita, että aine olisi kaikissa olosuhteissa jätettä. Aine määritellään jätteeksi, jos se on tavara tai aine, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä.

Jäteluettelon uudistus saatiin valmiiksi vuoden 2000 aikana. Uudessa luettelossa on yhdistetty jätteiden ja ongelmajätteiden luettelot. Jäteluettelon ensimmäinen uudistusvaihe julkaistiin Euroopan yhteisöjen virallisessa lehdessä syyskuussa 2000 ja toisen vaiheen muutos hyväksyttiin tammikuussa 2001. Uusi jäteluettelo sisällytetään jäsenmaiden lainsäädäntöön 1.1.2002 mennessä.

Jäteluettelon uudistamisessa on lähinnä kyse luokittelun ja numeroinnin uudistamisesta ja joidenkin jätejakeiden kohdalla tulkinnan helpottamisesta. Listassa ongelmajätteet ja vaaralliset jätteet on merkitty tähdellä. Jäteluetteloon on lisätty muutamien jätejakeiden kohdalle ns. kaksoiskirjausmenettely, jonka mukaan jäte voi olla joko ongelmajätettä tai

tavanomaista jätettä riippuen jätteen laadusta. Jäte määritellään ongelmajätteeksi, jos se sisältää esimerkiksi hyvin toksisia yhdisteitä enemmän kuin 0,1 massaprosenttia (yh-teispitoisuus) tai toksisten yhdisteiden yhteispitoisuus on korkeampi kuin 3 massapro-senttia. (EYVL 6.9.2000)

Jäteluettelo sisältää mm. puun käsittelyssä sekä levyjen ja huonekalujen, massan, pape-rin ja kartongin valmistuksessa syntyvät jätteet. Näitä ovat mm. kuori- ja puujätteet, sahajauho, soodasakka, keräyspaperin siistauslietteet, meesajäte, kuitujätteet, kuitu-, täyteaine- ja päällystysaineliitteet. Jäteluettelon kohta 20 sisältää yhdyskuntajätteet, erilliskerätyt jättejakeet mukaan lukien. Kohta 19 sisältää jätehuoltolaitoksissa, erillisissä jätevedenpuhdistamoissa sekä veden valmistuksessa syntyvät jätteet.

Esimerkiksi metsäteollisuuden puun käsittelyssä syntyvät kuori, sahanpuru ja muut puujätteet ovat jäteluettelon mukaan jätettä. Niiden poltto ei ole kuitenkaan jätteenpolt-todirektiivin alaista toimintaa, sillä nämä jakeet on rajattu jätteenpolttodirektiivin ulko-puolelle. Esimerkiksi mustalipeää ei ole mainittu jäteluettelossa.

Kaksoiskirjausmenettelyn mukaan rinnakkaispoltossa syntyvä pohjatuhka ja lentotuhka määritetään ongelmajätteeksi tai normaaliksi jätteeksi. Näille tuhkille on määritetty kak-si luokkaa (EYVL 16.2.2001):

- 10 01 14* rinnakkaispoltossa syntyvä pohjatuhka, kuona ja kattilatuhka, joka sisältää vaarallisia aineita
- 10 01 15 muu kuin nimikkeessä 10 01 14 mainittu rinnakkaispoltossa syntyvä poh-jatuhka, kuona ja kattilatuhka
- 10 01 16* rinnakkaispoltossa syntyvä lentotuhka, joka sisältää vaarallisia aineita
- 10 01 17 muu kuin nimikkeessä 10 01 16 mainittu rinnakkaispoltossa syntyvä len-totuhka.

Jätteenpolton tuhkille on luokassa 19 vastaava kaksoiskirjaus.

Käytännössä 0,1 massaprosentin pitoisuus voi ylittyä joidenkin raskasmetallien kohdalla rinnakkaispolton lentotuhkissa. Ympäristöviranomaiset suorittavat luokittelun ongel-majätteeksi tai tavanomaiseksi jätteeksi. Päätöksessä todennäköisesti huomioidaan myös jätteen sijoittamispaikka ja muut vastaavat seikat.

3.1.6 Pakkausjätedirektiivi ja valtioneuvoston päätös pakkauksista ja pakkausjätteistä (VNp 962/97)

Valtioneuvoston päätös pakkauksista ja pakkausjätteistä tuli voimaan 1.12.1997. Päätös koskee kaikkia Suomessa myytäviä ja kulutettavia pakkauksia ja niistä syntyviä pakkausjätteitä. Päätöksen tarkoituksena on edistää pakkauksien ja pakkausjätteiden hyödyntämistä ja materiaalikäyttöä. Päätöksen perusajatus on tuottajavastuu; pakkaajat eli ammattimaiset tuotteiden pakkaajat ja pakattujen tuotteiden maahantuojat vastaavat pääosin päätöksen velvoitteiden toteuttamisesta ja niistä aiheutuvista kustannuksista.

Päätöksen tavoitteena on, että 30.6.2001 mennessä

- 1) pakkausjätteitä syntyy vuodessa suhteessa Suomessa kulutettujen pakattujen tuotteiden määrään vähintään 6 prosenttia vähemmän kuin vuonna 1995
- 2) kaikista käytetyistä pakkauksista käytetään vuodessa uudelleen ja kaikesta pakkausjätteestä kierrätetään tai hyödynnetään muulla tavalla yhteensä vähintään 82 prosenttia käytettyjen pakkausten painosta
- 3) kaikesta pakkausjätteestä hyödynnetään vuodessa vähintään 61 prosenttia pakkausjätteen painosta siten, että pakkausjätteestä kierrätetään vähintään 42 prosenttia ja kustakin jättemateriaalista vähintään 15 prosenttia pakkausjätteen painosta sekä
- 4) kuitupakkausten jätteistä hyödynnetään 75 prosenttia ja kierrätetään 53 prosenttia, lasipakkausten määrästä kierrätetään 48 prosenttia, metallipakkausten jätteistä kierrätetään 25 prosenttia ja muovipakkausten jätteistä hyödynnetään 45 prosenttia.

Näitä tavoitteita tullaan valmisteilla olevassa pakkausjätedirektiivin uudistamisessa tiukentamaan. Taulukossa 5 on esitetty hyötykäyttö vuonna 1998 materiaaliakohtaisesti sekä nykyiset ja ehdotetut tavoitteet pakkausten hyödyntämiselle. Taulukon 5 viimeisellä rivillä on EU:n pakkausjätedirektiivin muutosehdotuksessa vuodelle 2006 esitetyt tavoitteet. Varsinkin metallin kierrätyksen sekä muovin mekaanisen kierrätyksen tavoitteet ovat haasteellisia, ja tavoitteeseen pääsemiseksi tarvitaan lisäponnisteluja.

Taulukko 5. Pakkausjätteet ja niiden hyötykäyttö sekä kierrätystavoitteet. (PYR 2001)

Vuosi	Hyötykäyttö (sis.energia- hyötykäyttö)	Kierrätys				
		Yht.	Kuitu	Lasi	Metallit	Muovit
1994 (FIN)	43 %	30 %	44 %	38 %	4 %	1 %
1997 (FIN)	54 %	42 %	57 %	48 %	8 %	10 %
1998 (FIN)	56 %	45 %	57 %	62 %	16 %	10 %
2001 tavoite (FIN)	61 %	42 %	53 %	48 %	25 %	15 %
2001 tavoite (EU)	50–65 %	25–45 %	15 %	15 %	15 %	15 %
2006 EU EHD		60 %	60 %	70 %	50 %	20 %

Pakkaajien velvollisuutena on valtioneuvoston päätöksen mukaisesti

1. pakkausjätteiden syntymisen vähentäminen
2. pakkausten uudelleenkäytön ja pakkausjätteiden hyödyntämisen edistäminen siten, että Suomessa päästään päätöksessä asetettuihin tavoitteisiin
3. pakkausjätteiden jätehuollon ja hyödyntämisen järjestämisestä huolehtiminen
4. jätehuoltoa koskevien velvoitteiden täyttämistä huolehtiminen yhteistoimina
5. pakkausten raskasmetallipitoisuuksien alentaminen
6. pakkauksia, pakkausjätteitä ja pakkausjätteiden hyödyntämistä ja käsittelyä koskevien tietojen ilmoittaminen Suomen ympäristökeskukselle
7. pakkausjätehuollon järjestämisestä tiedottaminen pakattujen tuotteiden käyttäjille ja kuluttajille.

Pakkausjätteiden tuottajalla tarkoitetaan pakkaajaa, jonka liikevaihto on yli 5 milj. mk. Tuottaja voi siirtää velvoitteet 2–4 ja 6–7 Pakkausalan ympäristörekisterille PYR:lle hoidettavaksi. Pakkausalan ympäristörekisteri (PYR) vastaa tällöin pakkausjätteen hyödyntämisestä ja uudelleen käytön järjestämisestä, seurantatietojen toimittamisesta viranomaisille sekä hoitaa pakkausten hyödyntämiseen ja merkitsemiseen liittyvän seuranta-tiedon levittämisen tuottajille. PYR ja Suomen ympäristökeskus toimivat yhteistyössä keskenään siten, että PYR toimittaa jäsentensä tiedot Suomen ympäristökeskukselle, joka ylläpitää ja kokoaa pakkausjättereisterin.

Suurin osa pakkausmateriaalista on pakkausalan tuotannosta ja teollisuudesta kerättävää pakkausjätettä. Kotitalouksista kerätään jonkin verran lähinnä nestepakkauskartonkia (maitotölkit). Yhdyskuntajätteessä oleva pakkausjäte päätyy vielä suureksi osaksi kaatopaikalle, ja yritysten pakkausjätettä kierrätetään jonkin verran.

Pakkausjätetilastot kerätään pakkausten ja pakkausmateriaalien tuottajilta, maahantuojilta, käyttäjiltä ja täyttäjiltä sekä kierrätysteollisuudelta. Tilastot kerätään lähettämällä kyselylomakkeet eri yhtiöihin ja tuottajille sekä viranomaisille ja jätteen kuljettajille.

- Suomessa pakkausten hyödyntämisaste lasketaan: hyödynnetty pakkausmateriaali jaettuna markkinoille tuotetulla pakkausmateriaalilla (taulukko 6).
- Suomessa pakkausten kierrätysaste lasketaan: kierrätetty pakkausmateriaali jaettuna markkinoille tuotetulla pakkausmateriaalilla.

Taulukko 6. Pakkausjätteet, hyötykäyttö ja sijoitus kaatopaikalle vuonna 1998. (PYR 2001)

	Pakkaustuotteita markkinoille*	Hyötykäyttö	%	Kaatopaikalle	%
Lasi	54 700	34 600	62	20 100	38
Metallit	33 000	5 000	16	28 000	84
Muovit	90 400	18 200	20	72 200	80
Kuitu	246 000	177 400	72	68 600	18

*pakkaustuotteet markkinoille = tyhjien pakkausten tuotanto + pakkausten tuonti - pakkausten vienti

Osa pakkausmateriaalista viedään ulkomaille kierrätettäväksi, ja se lasketaan mukaan kierrätysasteeseen. Pakkausmateriaalia tuodaan myös Suomeen kierrätettäväksi, ja tätä ei lasketa mukaan kierrätysasteeseen. Suomen markkinoille tuotetun pakkausmateriaalin määrään lasketaan pakkausten ja pakkausmateriaalien tuotanto ja tuonti vähennettynä viennillä. Nämä luvut saadaan pakkausten ja pakkausmateriaalien tuottajilta.

3.1.7 Valtioneuvoston päätös keräyspaperin talteenotosta ja hyödyntämisestä (VNp 883/1998)

Valtioneuvoston päätöksen 883/1998 keräyspaperin talteenotosta ja hyödyntämisestä tarkoituksena on tehostaa keräyspaperin talteenottoa ja hyödyntämistä sekä ehkäistä niissä taloudellisista suhdanteista johtuvia haitallisia vaihteluja. Päätös on tullut voimaan 1.1.1999. Päätöksessä siirretään vastuu jätteen talteenotto- ja hyödyntämisasteesta tuottajalle.

Keräyspaperilla tarkoitetaan tämän päätöksen mukaan kotitaloudessa, toimistossa tai muussa vastaavassa paikassa jätteenä käytöstä poistettuja sanomalehtiä, aikakauslehtiä, suoramainontajulkaisuja, puhelinluetteloja, postimyyntiluetteloja, kirjekuoria, toimistopaperia ja muita niihin rinnastettavia paperituotteita.

Tavoitteena on, että keräyspaperista otetaan talteen ja hyödynnetään vuonna 2000 vähintään 70 % ja vuonna 2005 vähintään 75 % Suomessa myytävien ja kulutettavien tässä päätöksessä tarkoitettujen paperituotteiden määrästä. Talteen otettu keräyspaperi hyödynnetään ensisijaisesti materiaalina.

Tuottajan (paperin ammattimainen valmistaja tai maahantuojaja) on kustannuksellaan järjestettävä keräyspaperin kuljetus kiinteistöltä tai alueelliselta keräyspaikalta. Lisäksi vaatimuksena on hyödyntäminen siten, että asetetut hyödyntämistavoitteet saavutetaan.

Tuottajan tulee ilmoittaa Suomen ympäristökeskukselle vuosittain keräyspaperin vienti- ja tuontimäärät, kotimaassa talteenotetun ja energiana hyödynnetyn keräyspaperin määrä sekä talteenoton ja hyödyntämisen osuus laskettuna päätöksessä annetulla kaavalla sekä kotimaan markkinoille toimitettujen paperituotteiden valmistuksessa käytetty paperin määrä. Tuottaja voi siirtää tuottajayhteisön (tuottajien muodostama oikeuskelpoinen yhteisö, joka toimii päätöksen toteuttamiseksi, tässä tapauksessa Paperinkeräys Oy) hoidettavaksi tämän päätöksen mukaan kuuluvat jätehuollon järjestämistä koskevat velvollisuudet. Taulukossa 7 on esitetty paperin ja kartongin tuotanto, kulutus ja talteenotto Suomessa.

Taulukko 7. Paperin ja kartongin tuotanto, kulutus ja talteenotto Suomessa (Paperinkeräys Oy 2001).

	1996	1997	1998	1999	2000
Tuotanto (1 000 t)	10 442	12 149	12 703	12 947	13 509
Kulutus					
- yhteensä (1 000 t)	911	1 045	1 050	1 079	1 091
- per asukas (kg)	178	203	204	209	211
Talteenotto					
- yhteensä (1 000 t)	563	635	665	697	734
- per asukas (kg)	110	124	129	135	142
Keräysaste (laskettu kaikesta kulutetusta paperista ja kartongista)	61 %	61 %	63 %	65 %	67 %

Vuonna 2000 talteenottoaste oli 67 %, ja talteenottoasteen nostaminen 75 %:iin tarkoittaa noin 80 000 t/a lisäystä kierrätyspaperin talteenottoon, jos paperin kulutus jatkuisi vuoden 2000 tasolla.

3.1.8 EU:n jätteenpolttodirektiivi

Jätteenpolttodirektiivin valmistelu on viime vuosina hidastanut jätteiden energiakäytön investointien suunnittelua, kun jätteenpolttodirektiivin valmistumista ja direktiivin linjauksia on odotettu. Jätteenpolttodirektiivi astui voimaan 28.12.2000 (EYVL 28.12.2000). Suomen viranomaisten tulee sovittaa direktiivi Suomen lainsäädäntöön 28.12.2002 mennessä. Vanhoja laitoksia direktiivi tulee koskemaan 28.12.2005 lähtien, uusia laitoksia 28.12.2002 lähtien.

Jätteenpolttodirektiivi koskee sekä jätteitä että ongelmajätteitä polttavia ja rinnakkaispolttavia laitoksia. Jätteenpolttodirektiivi tiukentaa jätteitä rinnakkaispolttavien laitosten savukaasupäästöjen raja-arvoja verrattuna tällä hetkellä voimassa olevaan lainsäädäntöön. Laitoksille tulee laitoksen koosta tai kierrätyspolttoaineen määrästä riippumatta uusia jatkuvasti seurattavia savukaasupäästöjä (CO, NO_x, SO₂, HCl, HF, hiukkaset, TOC). Lisäksi laitosten tulee mitata raskasmetallipäästöt (12 kpl) ja PCDD/F-päästöt laitoksilla kaksi kertaa vuodessa, ensimmäisenä vuotena vähintään kolmen kuukauden välein. Viranomaisen voi myöntää näistä mittauksista poikkeuksia vuoteen 2005 asti (raskasmetallit kerran kahdessa vuodessa, PCDD/F kerran vuodessa), jos jätteen laatu tunnetaan ja sitä seurataan ja päästöt ovat aina alle 50 % raja-arvoista. Vuoteen 2005 mennessä on viranomaisten määritettävä pysyvät ehdot näille poikkeuksille.

Direktiivi tiukentaa siis olemassa olevien rinnakkaispolttolaitosten savukaasupäästöjen raja-arvoa sekä asettaa raja-arvot savukaasun puhdistuksessa syntyvälle jätevedelle. Uusille rakennettaville laitoksille tarvittavat puhdistuslaitteistot sekä syöttölaitteistot voidaan suunnitella jo valmiiksi kierrätyspolttoaineen käyttö huomioiden, jolloin lisäinvestoinnit eivät välttämättä ole kovinkaan suuria. Vanhoihin laitoksiin uusien polttoaineen syöttöjärjestelmien ja savukaasunpuhdistuslaitteiston investointikustannukset voivat nousta korkeiksi.

Jätteenpolttodirektiivi tullee vähentämään pienten lämpölaitosten kiinnostusta oheispolttaa kierrätyspolttoaineita pääpolttoaineen seassa. Isoille laitoksille päästöjen hallinta ja mittauskustannukset eivät ole iso rasite. Mittauksista ja laitteistosta muodostuvat kustannukset voivat olla keskimäärin 400 000 mk/a. Jos 10 MW:n laitos (5 000 h/a) käyttää kierrätyspolttoainetta 30 % polttoainetehosta, ovat mittauksista muodostuvat kustannukset kierrätyspolttoaineelle noin 27 mk/MWh. Isolle 100 MW:n laitokselle vastaavat kustannukset ovat noin 3 mk/MWh.

3.1.9 Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä (SFS 5875)

Standardi SFS 5875 'Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä.' vahvistettiin 24.1.2000. Standardin tavoitteena on tukea jätehuollon kestävästä kehityksestä edistämällä jätteiden hyödyntämistä ja ehkäisemällä jätteistä aiheutuvaa haittaa terveydelle ja ympäristölle. Standardi määrittää menettelytavat, joita käyttäen syntypaikalla lajitellusta jätteestä valmistetun kiinteän kierrätyspolttoaineen laatu voidaan hallita ja ilmoittaa yksiselitteisesti. Standardi kattaa koko ketjun jätteiden syntypistelijittelusta kierrätyspolttoaineen toimitukseen.

Kierrätyspolttoaineen valmistajan ja käyttäjän tulee sopia laadunvalvontamenettelystä niin, että se palvelee kaikkia osapuolia ja täyttää ympäristönsuojelulle asetetut vaatimukset. Standardi määrittää näytteenoton periaatteet ja analyysit, joita kierrätyspolttoaineen laadun kontrolloimiseksi ja määrittämiseksi tulee tehdä.

Standardissa kierrätyspolttoaineille on määritetty kolme luokkaa niiden haitta-ainepitoisuuksien mukaan. Nämä kolme luokkaa ja tuoteselostuksessa annetut laatu kuvaavat haitta-ainepitoisuudet sekä polttoaineominaisuudet ovat apuna kierrätyspolttoaineen kaupankäynnissä.

3.1.10 Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä (VNp 296/97)

Valtioneuvoston päätöksen rakennusjätteistä tarkoituksena on vähentää rakennusjätteen määrää ja haitallisuutta sekä lisätä sen hyödyntämistä. Tavoitteena on, että kaikesta rakennusjätteestä (lukuun ottamatta maa-aines-, kiviaines- ja ruoppausjätettä) hyödynnetään vuonna 2000 keskimäärin 50 %.

Rakentaminen tulee suunnitella ja toteuttaa, ja rakennusjätteet on kerättävä ja kuljetettava siten, että hyödynnettävät, alla mainitut jätelajit pidetään erillään tai lajitellaan erillään toisistaan ja muista rakennusjätteistä ja -aineista:

- 1) betoni-, tiili-, kivennäislaatta-, keramiikka- ja kipsijätteet
- 2) kyllästämätön puujäte
- 3) metallijäte
- 4) maa-aines-, kiviaines- ja ruoppausjätteet.

Rakennusjätteen haltijan tulee huolehtia siitä, että rakennusjäte hyödynnetään, jos se on teknisesti mahdollista eikä siitä aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia verrattuna muulla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon.

3.1.11 Ilmastostrategia ja jätehuolto

Suomen metaanipäästöt ovat nykyisin noin 4 Mt CO₂-ekv, kun ne vuonna 1990 olivat vielä 6,1 Mt CO₂-ekv (KTM 2001). Kaatopaikoilta peräisin olevaa metaania otetaan nykyisin talteen ja poltetaan yhä enemmän. Jätteiden aiheuttamat metaanipäästöt ovat noin puolet metaanin kokonaispäästöistä, joten tällä sektorilla myös vähennykset näkyvät selvästi.

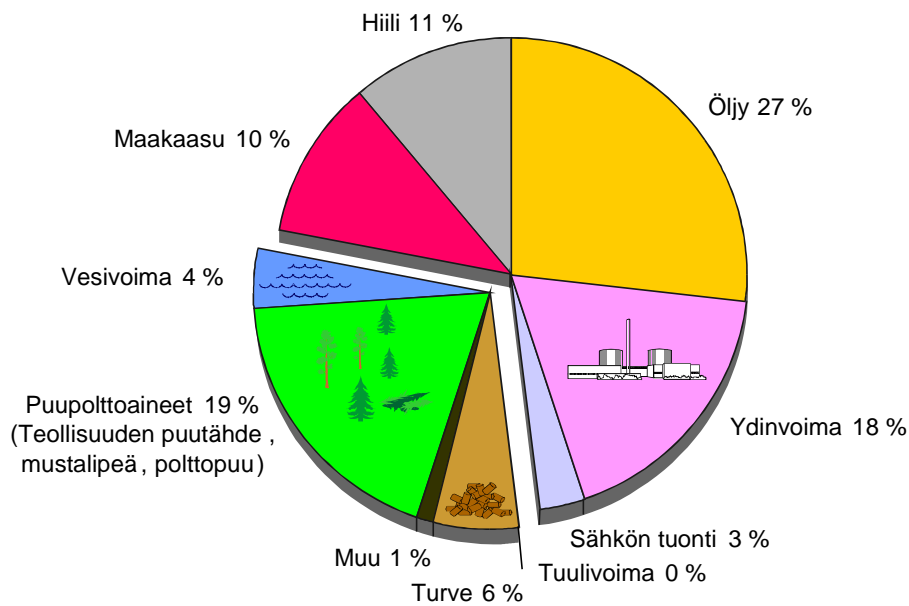
Jätehuollossa CO₂-päästöjä voidaan vähentää biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoituksen vähentämisellä tai lopettamisella, joka tosin vaikuttaa vasta pidemmän ajan kuluessa (kaatopaikkojen kasvihuonekaasupäästöjen laskenta dynaamisella mallilla, joka huomioi metaanin vapautumisen aikaviiveen). Lisäksi CO₂-päästöjä saadaan vähennettyä kaatopaikkakaasun talteenotolla käytössä olevilta tai käytöstä poistetuilta kaatopaikoilta sekä korvaamalla fossiilisia polttoaineita lämpö- ja voimalaitoksissa.

Ympäristöministeriön sektoriselvityksessä (Dahlbo *et al.* 2000) esitetyt jätehuollon päästövähennystavoitteet merkitsevät sitä, että pyritään edelleen lisäämään syntypaikkalajiteltujen jättejakeiden hyödyntämistä materiaalina ja energiana olemassa olevissa energiantuotantolaitoksissa. Jätehuollon sektoriselvityksen mukaan kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisen myönteisen kehityksen jatkuminen edellyttää jäteveron nostamista, kunnallisten jätemaksujen täyskattelistu toteuttamista sekä verotuen myöntämistä biokaasulla ja mahdollisesti kierrätyspolttoaineilla tuotetulle sähkölle. Jätehuollon osalta olisivat kasvihuonekaasupäästöt tällöin vuonna 2010 enää 0,3 Mt CO₂-ekv. (KTM 2001)

3.2 Suomen energiantuotantorakenne

Suomen energiantuotantorakenne on monipuolinen ja energiantuotanto perustuu eri tekniikoiden ja useiden primäärienergianlähteiden käyttöön (kuva 2). Viime vuosikymmenien aikana on vähennetty öljyn käyttöä ja samaan aikaan lisätty ydinvoiman, maakaasun ja biomassan käyttöä.

Puun osuus kokonaisenergiankulutuksesta on Suomessa teollisuusmaiden korkein, 19 % vuonna 1998. Puun energiakäyttö oli vuonna 1997 yhteensä 5,7 Mtoe, josta jäteliemiä oli suurin osa eli 3,1 Mtoe, metsäteollisuuden puutähteitä 1,5 Mtoe ja pienkäyttöä 1,1 Mtoe. Vuonna 1997 käytettiin energiatilastojen mukaan lisäksi 0,17 Mtoe rakennuspuujätettä ja 0,02 Mtoe biokaasua sekä 0,02 Mtoe muita jätteitä. Bioenergian lisäkäytönmahdollisuuksia on käsitelty luvussa 3.3.2. (KTM 1999, Helynen *et al.* 1999)



Energian kokonaiskulutus 30,8 Mtoe

Lähde: Energiakatsaus

Kuva 2. Primäärienergiälähteet Suomessa vuonna 1998 (KTM 1999).

Suomen laaja energiantuotantorakenne sekä kaukolämpöverkko ovat mahdollistaneet CHP-tuotannon kehittymisen (kuva 3). Metsäteollisuus on jo pitkään tottunut polttamaan omia puuperäisiä tuotantojätteitään ja polttoaineita kuori- tai monipolttoainekattiloissa ja lisäämään uusilla investoinneillaan bioenergian käyttöä entisestään. Tällä on taas on ollut merkitystä jätteiden energiakäytön kannalta, mikä on ollut yhtenä syynä siihen, että syntypistelajitellusta jätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineiden käyttö muiden polttoaineiden seassa normaaleissa lämpö- ja CHP-laitoksissa on nähty järkevänä ratkaisuna jätteiden energiakäytölle Suomessa.

Suomessa Ruotsin mallin kaltainen kaukolämmön tuotanto massapolttolaitoksilla ei ole olemassa olevan CHP-tuotantorakenteen ja kaukolämpöverkon vuoksi tunnu järkevältä, ellei kyseessä ole vanhan kattilan tai öljykattilan korvaaminen REF-kattilalla tai uuden lämpökuorman kattaminen. Lauhdevoimalaitoksen rakentaminen taas ei nykyisillä sähkön hinnoilla eikä ympäristösyistä tunnu järkevältä. Tämän vuoksi Suomessa strategia on ollut korvata kierrätyspolttoaineilla fossiilisia polttoaineita olemassa olevissa lämpö- ja CHP-laitoksissa tai käyttää kierrätyspolttoaineita uusissa CHP-laitoksissa joko 100-prosenttisena REF:n poltona tai seospoltona. Kuvassa 3 kuvataan Suomen CHP-tuotantorakennetta ja laitosten jakautumista maantieteellisesti eri puolille Suomea.

BIOMASS CHP-PRODUCTION IN FINLAND

- totally 83 boilers -

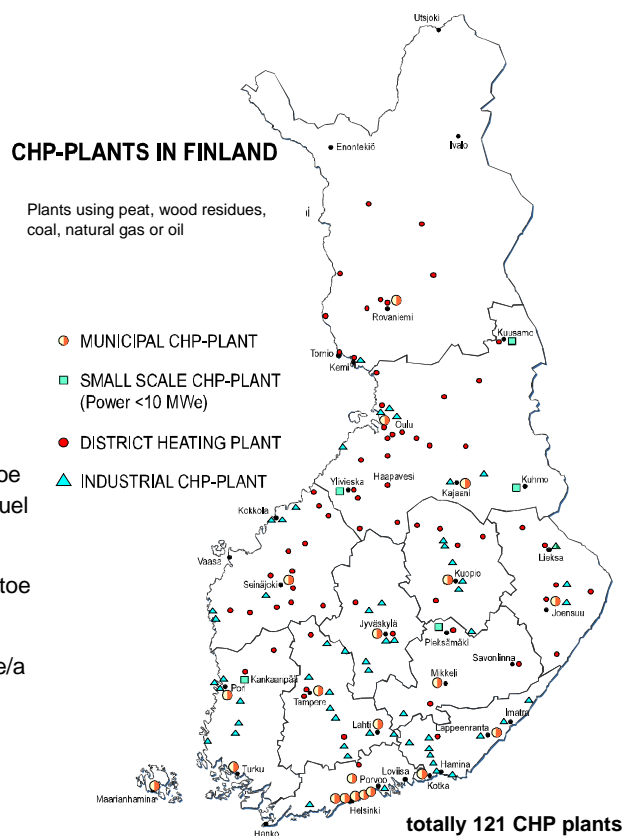
- biomass consumption 1.4 Mtoe/a, 15 TWh/a

- in forest industry 44 boilers, 1.0 Mtoe/a
- additionally 19 recovery boilers, 2.9 Mtoe/a

- 7 boilers for municipal CHP production, 0.2 Mtoe
- typical fluid bed boiler size from 20 - 250 MW fuel

- for municipal district heating 42 stations, 0.2 Mtoe

- additionally 49 peat fired CHP boilers, 1.6 Mtoe/a



Kuva 3. Suomessa toiminnassa olevat CHP-laitokset.

Hallituksen ilmastostrategian perustana on uusiutuvien energialähteiden tuotannon ja käytön kasvun kiihdyttäminen vuonna 1999 laaditun uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman linjausten mukaisesti. Tavoitteena on, että maahamme ei enää rakennettaisi uutta kivishiileen perustuvaa voimalaitoskapasiteettia. (KTM 2001)

3.3 Bioenergian käyttöä ohjaava lainsäädäntö ja direktiivit

3.3.1 Tulevaisuuden energia: uusiutuvat energialähteet - Yhteisön strategiaa koskeva valkoinen kirja

Euroopan komissio antoi marraskuussa 1997 tiedonannon ”Tulevaisuuden energia: uusiutuvat energialähteet - Yhteisön strategiaa ja toimintasuunnitelmaa koskeva valkoinen kirja”. Valkoisen kirjan tarkoituksena on uusiutuvia energialähteitä edistämällä saavuttaa energiapoliittiset tavoitteet, joita ovat energian saannin varmuus, ympäristön suojeleminen ja kilpailukykyyn parantaminen. Näiden päämäärien saavuttamiseksi valkoisessa kirjassa ehdotetaan, että uusiutuvien energialähteiden osuus Euroopan unionin sisämaan bruttoenergiankulutuksesta kaksinkertaistetaan ja yhteisön ohjeelliseksi tavoitteeksi otetaan

12 %:n osuus kokonaisenergiankulutuksesta vuoteen 2010 mennessä. Yli 80 % lisäyksestä on arvioitu tulevan bioenergiasta, jonka käyttö kolminkertaistuisi ja osuus kokonaisenergiasta nousisi 8,5 %:iin. Koko EU:n alueella tulisi uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön osuus nostaa 22,1 %:iin kokonaissähkötuotannosta. Valkoinen kirja sisältää myös strategian ja toimintasuunnitelman tavoitteen saavuttamiseksi. EU:n RES-direktiivi asettaa konkreettisia ja sitovia tavoitteita Valkoisen kirjan strategiaa tukemaan. (Euroopan yhteisöjen komissio 2001)

3.3.2 Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma

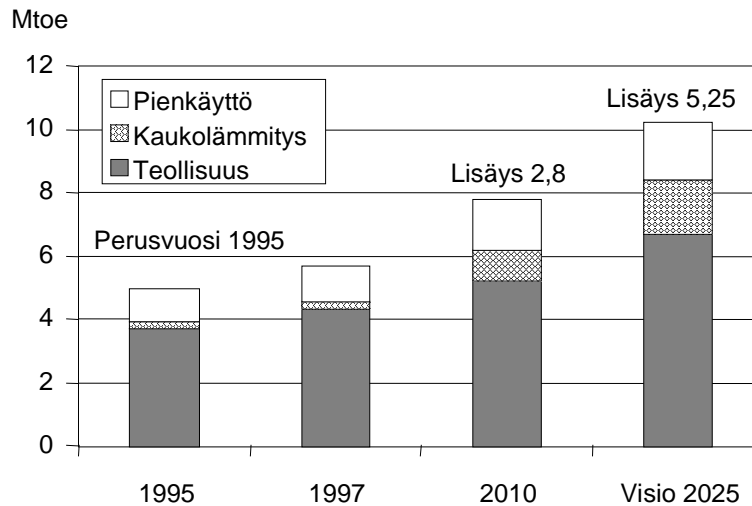
Vuonna 1999 valmisteltu uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman toteutus on otettu osaksi valtioneuvoston hyväksymää Suomen kansallista ilmastostrategiaa. Edistämishjelman tärkein päämäärä on lisätä uusiutuvien energialähteiden kilpailukykyä suhteessa muihin energialähteisiin. Edistämishjelma on EU:n valkoista kirjaa vastaava kansallinen ohjelma. Se sisältää kaikki Suomessa kyseeseen tulevat uusiutuvat energialähteet. Tarkastelun kohteena on myös turve, joka on Suomessa perinteisesti laskettu hitaasti uusiutuvaksi biopolttoaineeksi, mutta kansainvälisessä ja kotimaisessa kasvihuonekaasupäästöluokittelussa uusiutumattomaksi. (KTM 1999)

Keskeisenä lähtökohtana on, että yhteisön yhteisillä päätöksillä kehitetään energiaverotusta uusiutuvia energialähteitä suosivaksi ja että myös normeilla, kuten kaatopaikkamääräyksillä, muokataan energian tuottajien ja käyttäjien toimintaympäristöä uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseksi. (KTM 1999)

Uusiutuvien energialähteiden osuus Suomen energian kokonaiskulutuksesta vuonna 1998 oli 23 %, kun uusiutuviin lasketaan puu ja puupohjainen materiaali (selluteollisuuden jäteliemet), vesivoima, tuulivoima ja kierrätyspolttoaineet. Kierrätyspolttoaineen on tässä katsottu olevan yhdyskuntien ja teollisuuden energiantuotantoon soveltuvia jätteitä, jotka ovat suurimmaksi osaksi orgaanista alkuperää ja siten biomassaa. Kierrätyspolttoaineesta uusiutuvaksi lasketaan vain biologisesti hajoava osuus, muovien osuus kierrätyspolttoaineesta on 15–30 % riippuen syntylähteestä. Ohjelman edistämistoimet kohdistuvat myös kierrätyspolttoaineiden energiakäytön lisäämiseen valtakunnallisen jätesuunnitelman linjauksia noudattaen. (KTM 1999)

Ohjelmassa asetetaan tavoitteet uusiutuvien energialähteiden määrälle vuonna 2010, ja arvio kehityksestä tehdään vuoteen 2025 mennessä (kuva 4). Vuoteen 2010 mennessä tavoitteena on lisätä uusiutuvilla energialähteillä tuotetun energian määrää 50 %:lla vuoden 1995 tilanteeseen verrattuna. Tämä lisäys olisi 3 Mtoe, joka on noin 1 Mtoe suurempi kuin Suomen energiastrategian linjauksiin perustuva kehitysnäkymä. Vuoteen 2025 mennessä tavoitteena on kaksinkertaistaa uusiutuvien energialähteiden käytön

määrä, mikä merkitsisi sitä, että uusiutuvat energialähteet kattaisivat yli kolmanneksen energian kokonaiskulutuksesta ja noin 40 % sähköntuotannosta. Uusiutuvien energialähteiden käytön kokonaismäärä on voimakkaasti riippuvainen muiden energialähteiden hintakehityksestä sekä metsäteollisuuden tuotannon muutoksista. (KTM 1999)



Kuva 4. Edistämisohjelman asettama tähtäin bioenergian käytölle 2010 ja visio vuodelle 2025. (KTM 1999)

Edistämisohjelmassa on kierrätyspolttoaineiden osalle arvioitu valtakunnallisen jättesuunnitelman mukainen 1 milj. t/a (0,5 Mtoe) REF:n käyttö vuoteen 2010 mennessä. REF:n käyttö sisältyy bioenergian osuuteen. Jätteen käyttö energiantuotantoon kaatopaikoille viennin sijasta vähentää kaatopaikkojen metaanipäästöjä edistämisohjelman ansiosta vuosittain yli yhdellä miljoonalla tonnilla (CO₂-ekv). Tämä vähenemä voi lähivuosina olla tuntuvasti suurempikin (KTM 1999).

Pitkällä tähtäimellä tavoitteena on saada bioenergian käyttö mahdollisimman kilpailukykyiseksi avoimilla energiemarkkinoilla. Edistämisohjelman keskeisiä toimenpiteitä ovat uuden teknologian kehittäminen ja kaupallistaminen sekä taloudelliset keinot, joista verotus ja investointituki ovat vaikuttavimmat.

3.3.3 EU:n RES-E-direktiivi

RES-E-direktiivin (2001/77/EY) tarkoituksena on lisätä uusiutuvilla energialähteillä (RES) tuotetun sähkön osuutta Euroopan Unionin alueella ja edesauttaa EU:lle Kioton sopimuksessa asetettujen kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteiden saavuttamista. Jotta uusiutuvilla tuotetun sähkön myynti tulisi käytännössä mahdolliseksi kasvihuonekaasupäästökauppaa ajatellen, tulee jäsenmaiden laatia järjestelmät uusiutuvilla tuo-

tetun sähkön sertifiointille sekä tavoitteet uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön osalta.

RES-E-direktiivin mukaan tulee energialähteiden osuus kokonaisenergiatuotannosta nostaa 12 %:iin EU:n alueella vuoteen 2010 mennessä. Tämä oli myös EU:n Valkoisen kirjan tavoite. Yhteensä koko EU:n alueella tulisi uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön osuus nostaa 22,1 %:iin. Suomelle asetettu tavoite on 31,5 %, mikä on linjassa uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman kanssa. Toisaalta useissa maissa halutaan jättää jäsenmaiden omaksi päätökseksi, miten Kioton kasvihuonekaasupäästövähennykset tehdään. (Commission of the European Communities 2000)

Yli 80 % uusiutuvien energialähteiden käytön lisäyksestä on arvioitu tulevan bioenergiasta, jonka käyttö kolminkertaistuisi ja osuus kokonaisenergiasta nousisi 8,5 %:iin. RES-E-direktiivin mukaiseen biomassan käytön edistämiseen kuuluvat myös lajitellut jätteet (mm. REF) niiden biologisesti hajoavan osuuden osalta. Toisaalta lajittelemattoman jätteen poltto ei kuuluisi RES-E-direktiivin piiriin. Direktiivi hyväksyttiin syksyllä 2001 (EYVL L283, 27.10.2001).

3.3.4 Suurten polttolaitosten (LCP) direktiivin muutos

Suurten polttolaitosten direktiiviä on uudistettu. Uudessa direktiivissä (2001/80/EY) tiukennetaan olemassa olevien ja uusien laitosten päästörajoja ottaen huomioon päästöjen vähentämistekniikoissa tapahtunut kehitys. Direktiivi hyväksyttiin syksyllä 2001 (EYVL L309, 27.11.2001).

Taulukkoon 8 on koottu LCP-direktiivin sovittelumenettelyssä hyväksytyt (EP 2.8.2001) päästöraja-arvot kiinteille polttoaineille sekä vertailun vuoksi Suomessa tällä hetkellä voimassa olevat päästörajat uusille polttolaitoksille. LCP-direktiiviehdotus oli pohjana myös jätteenpolttodirektiivin rinnakkaispolttolaitosten päästörajoille.

Tiukemmat päästörajat koskevat vuosi direktiivin voimaantulon jälkeen uusia ympäristöluvan saavia laitoksia. Vanhoille, olemassa oleville laitoksille ei LCP-direktiivi tuo juuri muutoksia tai tiukennuksia, sillä Suomessa voimassa olevat päästörajat vanhoille laitoksille ovat usein samat kuin direktiivissä tai tiukemmat tiettyjen päästökomponenttien (esim. hiukkaset) osalta.

Taulukko 8. LCP-direktiiviehdotuksen päästöraja-arvot vanhoille¹⁾ ja uusille laitoksille sekä nykyiset raja-arvot Suomen lainsäädännössä, kiinteät polttoaineet (mg/Nm³ red. 6 % O₂).

EU, vanhat laitokset ¹⁾				
	<50 MWth	50–100 MWth	100–500 MWth	>500 MWth
SO ₂	2000	2000	lineaarinen vähennys	400
NO _x (as NO ₂)	600	600	600	500
1.1.2016 lähtien		600	600	200
Hiukkaset	100	100	100	50
EU, uudet laitokset ²⁾				
	<50 MWth	50–100 MWth	100–300 MWth	>300 MWth
SO ₂				
-biomass		200	200	200
-general case		850	200³⁾	200³⁾
			(300/92 % rikinpoisto)	(400/95 % rikinpoisto)
NO _x (as NO ₂)				
-biomass		400	300	200
-general case		400	200	200
Hiukkaset	50	50	30	30
Suomi, voimassa oleva lainsäädäntö (2001)				
	<50 MWth	50–100 MWth	100–300 MWth	>300 MWth
SO ₂				
-turve		280	280	280
-kivihiili		600	360...600 ⁴⁾	360...600 ⁴⁾
NO _x (as NO ₂)				
- turve		300	300...480 ⁵⁾	100...480 ⁵⁾
-kivihiili		400	130...600 ⁵⁾	130...600 ⁵⁾
Hiukkaset	50	50	30	30

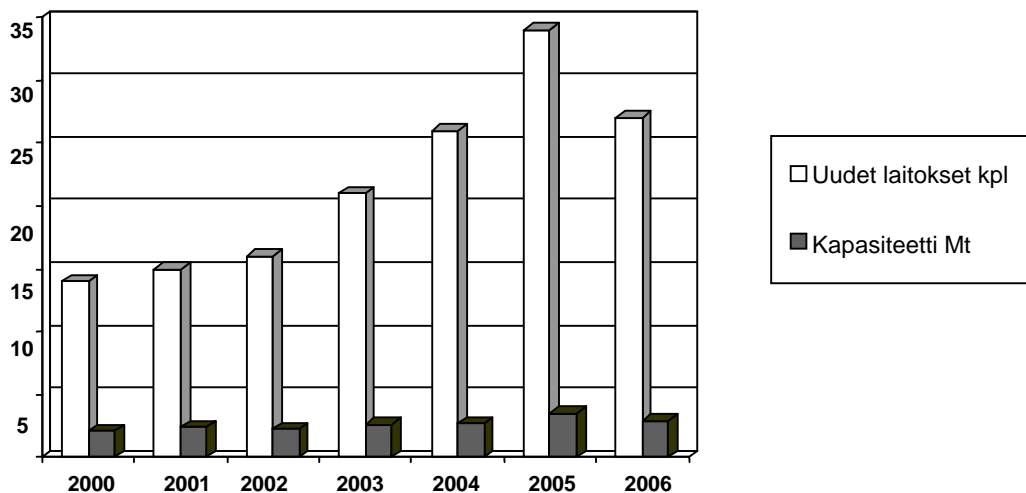
- 1) ko. päästörajoja voidaan käyttää vanhoille laitoksille ja laitoksille, joille myönnetty ympäristölupa alle vuosi direktiivin voimaantulosta.
- 2) Uusi laitos, jolle myönnetty ympäristölupa vuosi direktiivin voimaantulon jälkeen.
- 3) Jos polttoaineen ominaisuudet sellaiset, että annettua päästörajaa ei saavuteta
- 4) Uudelle (1990 jälkeen käyttöön otetulle) ja vanhalle laitokselle
- 5) Uudelle (1992 jälkeen käyttöön otetulle) ja vanhalle laitokselle

3.3.5 EU-alueen visiot jätteiden energiakäytölle

Euroopan Unionin jätepolitiikan päämäärinä ovat jätteiden synnyn välttäminen ja jätteiden hyötykäytön lisääminen.

Keski-Euroopassa, Ranskassa, Saksassa ja Hollannissa on jätteiden massapolttolaitosten oltu jo pitkään tärkeä jätehuoltoratkaisu. Vuonna 1993 oli Ranskassa toiminnassa 225 jätteenpolttolaitosta (42 % yhdyskuntajätteestä), Saksassa 49 jätteenpolttolaitosta (36 % yhdyskuntajätteestä) ja Tanskassa 30 jätteenpolttolaitosta (36 % yhdyskuntajätteestä) (European Commission 1997). Jätteenpolttolaitosten määrä on tästä ehkä hiukan kasvanut. EU:ssa katsotaan, että jätteenpolttolaitosten tulisi tehdä hyvin standardien mukaisesti ja asianmukaisilla laitteistoilla, ja sitä tukemaan uudistettiin jätteenpolttodirektiivi (EYVL 28.12.2000). Useissa Keski-Euroopan maissa on tärkeää sähköntuotannon hyötysuhteen nostaminen ja päästöjen minimoiminen jätteenpolttolaitoksissa.

Nähtävissä on, että jätteiden energiakäyttöä tullaan useassa maassa lisäämään huomattavasti. Esimerkiksi Ruotsissa, Suomessa ja Isossa-Britanniassa on lisättävä jätteiden energiakäyttöä runsaasti, kun kaatopaikkasijoitusta vähennetään. Jätteenpolttokapasiteetin kasvuennuste Euroopassa on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Jätteenpolttokapasiteetin kasvuennuste Euroopassa. (Väisänen 2001)

4. Jättemäärät Suomessa

Suomessa on arvioitu syntyvän jätteitä vuosittain eri toiminnoissa 65–70 milj. t/a. Jätteiden kokonaismäärässä ovat mukana myös kaikki alkutuotannon jättemateriaalit, jotka Euroopan Jäteluettelon (EWC) mukaan tulee tilastoida.

Jätekertymät henkeä kohti ovat Suomessa useilla talouden pääsektoreilla suuremmat kuin keskimäärin Länsi-Euroopassa. Selityksenä ovat taloutemme erityispiirteet, kuten laaja metsätalous ja rakentamisen erityisvaatimukset, mutta myös mittaustapojen ja tarkkuuksien erot. (Vahvelainen ja Salomaa 2000)

Hyödyntämistäasteet vaihtelevat huomattavasti, parhaiten hyödynnetään maaseutuelinkeinojen jätteitä (85 %) sekä teollisuuden jätteitä ja yhdyskuntalietteitä (60 %). Hyödyntämistäasteet ovat joidenkin jätejakeiden kohdalla nousseet viime vuosina. Esimerkiksi Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä vaatii lajittelemaan rakennusjätteitä niiden syntypaikoilla. Maahamme onkin perustettu useampi rakennusjätteen lajittelu/REF-laitos, jossa erotetaan kierrätyskelpoinen jäte ja polttokelpoinen jäte energiakäyttöön. Teollisuuden jätteistä suuri osa tulee metsäteollisuuden jätteistä, ja teollisuuden jätteiden hyödyntämistäaste nousee helposti korkeaksi, kun suuri osa kuoresta ja sahanpurusta poltetaan kuori- ja monipolttoainekattiloissa tai sahojen yhteydessä lämpölaitoksissa. Teollisuuden jätteiden energiakäytöllä onkin huomattava energiataloudellinen merkitys koko valtakunnan taloudelle.

4.1 Jätteiden tilastointi

Jätteitä syntyy niin kotitalouksissa, kaupassa, virastoissa, pienyrityksissä kuin teollisuudessa. Eri syntypaikoilla syntyvät jätteet ovat usein hyvinkin erilaisia ja niiden käsittely voidaan usein hoitaa eri tekniikoin.

Jätteiden toimialakohtaisen tilastoinnin tämän hetken puutteena on palvelutoimialojen tietojen puuttuminen tai heikko tilastointi. Rakentamisen jätteiden tilastointi on parantunut huomattavasti. (Vahvelainen ja Salomaa 2000)

Suomen ympäristökeskus ylläpitää ns. VAHTI-tietokantaa, johon ympäristölupavelvolliset ovat velvollisia ilmoittamaan jätehuollon järjestämisestä. Tietojärjestelmässä on noin 1 000 tuotannollisen toimipaikan ja jätteiden käsittelylaitoksen tiedot, mutta se ei kuitenkaan sisällä vielä kaikkia jätteitä tuottavia laitoksia. Tilastokeskus käyttää hyväksi VAHTI-tietokantaa ja täydentää sitä omien kyselyjensä avulla.

Pääosa jätteistä syntyy tuotannollisessa toiminnassa (rakennustoiminta, teollisuus, kivistötoiminta ja maatalous). Kaikista jätemääristä ei ole käytettävissä kattavaa tietoa yhdeltä vuodelta, joten tiedot on usein jouduttu keräämään useilta eri vuosilta. Jättemäärät perustuvat osittain tilastollisiin ja laskennallisiin arvioihin eivätkä sellaisenaan ole kansainvälisesti vertailukelpoisia. Uuden, kaatopaikkoja koskevan valtioneuvoston päätöksen (VNp 1049/99) mukaan myös teollisuuden pitkäaikaiset läjitysalueet käsitetään kaatopaikoiksi, joten tämä voi lisätä tilastoinnin tarkkuutta. Samoin kaatopaikoille on hankittu yhä enemmän vaakoja, mikä tarkentaa jätemäärien tilastointia.

Eräänä ongelmana jätemäärien tarkassa määrittelyssä on ollutkin vaakojen puuttuminen kaatopaikoilta. Esimerkiksi vuonna 1997, jolloin Tilastokeskus on viimeksi koonnut jätetilastoja, ei vaakoja vielä ollut läheskään yhtä paljon kuin tänä päivänä. Viimeiset kattavat tiedot yhdyskuntajätteen osalta Suomen ympäristökeskuksella on vuodelta 1997.

Suomen ympäristökeskus perustaa jätemäärälaskelmansa ympäristölupavollisten ilmoittamiin, VAHTI-tietokantaan syötettyihin kaatopaikkasijoitusmääriin. Tilastokeskus perustaa arvionsa VAHTI-tietokantaan sekä tekemiinsä täydentäviin kyselyihin ympäristölupavollisilta. VTT Energia on arvioinut näiden lähteiden sekä tekemiensä paikkakuntakohtaisten jätemääräselvityksien perusteella Suomen jätemääriä erillisessä raportissa (Hietanen 2001).

4.2 Yhdyskuntajättemäärät Suomessa

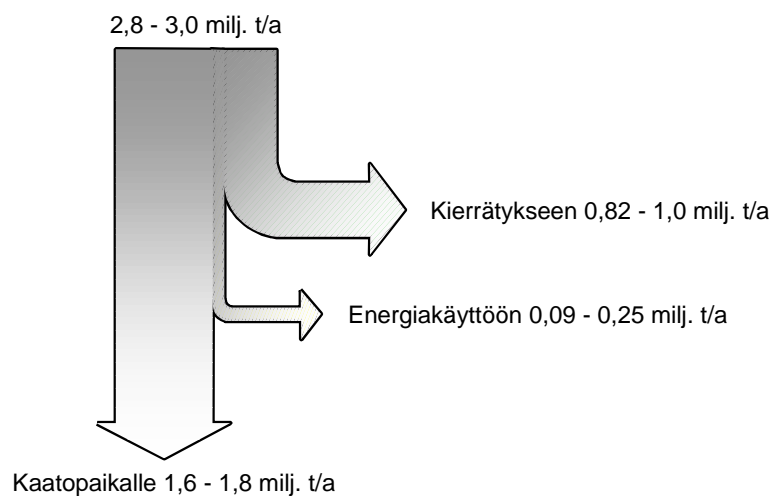
4.2.1 Yhdyskuntajäte

Suomen ympäristökeskus on arvioinut (Dahlbo *et al.* 2000), että vuonna 2000 syntyvän yhdyskuntajätteen määrä on noin 2,77 milj. t/a. Suomen ympäristökeskuksen mukaan tästä yhdyskuntajätteestä noin 80 000 t/a poltettiin, materiaalihyötykäyttöön meni noin 820 000 t/a ja kaatopaikalle läjitettiin noin 1,6 milj. t/a (1997). Kuvassa 6 on esitetty arvio syntyvän ja käsitellyn yhdyskuntajätteen määrästä.

Energiakäytön osalta Suomen ympäristökeskuksen arvioima energiakäyttö (Dahlbo *et al.* 2000) vuodelle 2000 on 90 000 t/a. Tämä muodostuu Turun massapolttolaitoksen määrän 50 000 t/a poltosta ja rinnakkaispolton määrästä 40 000 t/a.

VTT Energian arvioima jätteen energiakäyttö on vuonna 2000 noin 250 000 t/a (Hietanen 2001). Turun jätteenpolttolaitos käsittelee vuosittain noin 50 000 t/a yhdyskuntajätettä. Tämän lisäksi yhdyskuntajätettä poltetaan pieniä määriä lähes kaikissa metsäteollisuuden 40 kattilassa, mutta suuria määriä (yli 10 000 t/a) metsäteollisuuden Rauman, Pietarsaaren, Kauttuan, Anjalankosken ja Kajaanin kattiloissa. Muista voimalai-

toksista Lahden Lämpövoiman Kymijärven voimalaitoksen kaasutinyksikkö ja Forssan CHP-laitos ovat yhdyskuntajätteen energiahyötykäyttäjiä. Lisäksi kymmenet pienet kaukolämpökattilat polttavat pieniä määriä (maks. muutamia tuhansia tonneja) yhdyskuntajäteperäisiä polttoaineita. Näiden kattiloiden hyödyntämän kierrätyspolttoaineen määrä on yhteensä noin 200 000 t/a. Kotitalousjätteen osuus tästä on kuitenkin hyvin pieni, noin 20 000 t/a. Kotitalousjätteen hyödyntäminen energiana tapahtuu pääasiassa Pietarsaassa Ewapowerin pellettien osana, Lahdessa erilliskerätyn poltojakeen hyödyntämisenä sekä pieninä määrinä metsäteollisuuden voimalaitoksissa ja kaukolämpökattiloissa. Turun jätteenpolttolaitoksen polttoaineessa on arviolta puolet kotitalousjätettä (perustuen kotitalousjätteen ja yritysjätteen suhteeseen) (Hietanen 2001).



Kuva 6. Suomen ympäristökeskuksen (Dahlbo et al. 2000) arviot syntyvästä yhdyskuntajätteestä vuonna 2000 ja hyödyntämisestä (nykyinen kasvu) sekä VTT Energian arvio yhdyskuntajätteen syntyvästä määrästä ja käsittelystä (Hietanen 2001).

Suomen ympäristökeskuksen tilastojen mukaan (kasvukertoimella laskettuna vuoden 1997 luvuista) vuonna 2000 materiaalihyötykäyttöä oli 1,04 milj. t/a. Tämä sisältää kierrätyksen, kompostoinnin ja mädätyksen. Tarkempaa erittelyä ei ole saatavissa.

Kaatopaikalle vietävän yhdyskuntajätteen määräksi Suomen ympäristökeskus ilmoittaa 1,634 milj. t/a. VTT Energian arvion mukaan luku on hieman suurempi, noin 1,8 milj. t/a. (Hietanen 2001)

4.2.2 Kotitalousjätteen, yhdyskuntajätteen ja kuivajätteen keskimääräinen koostumus

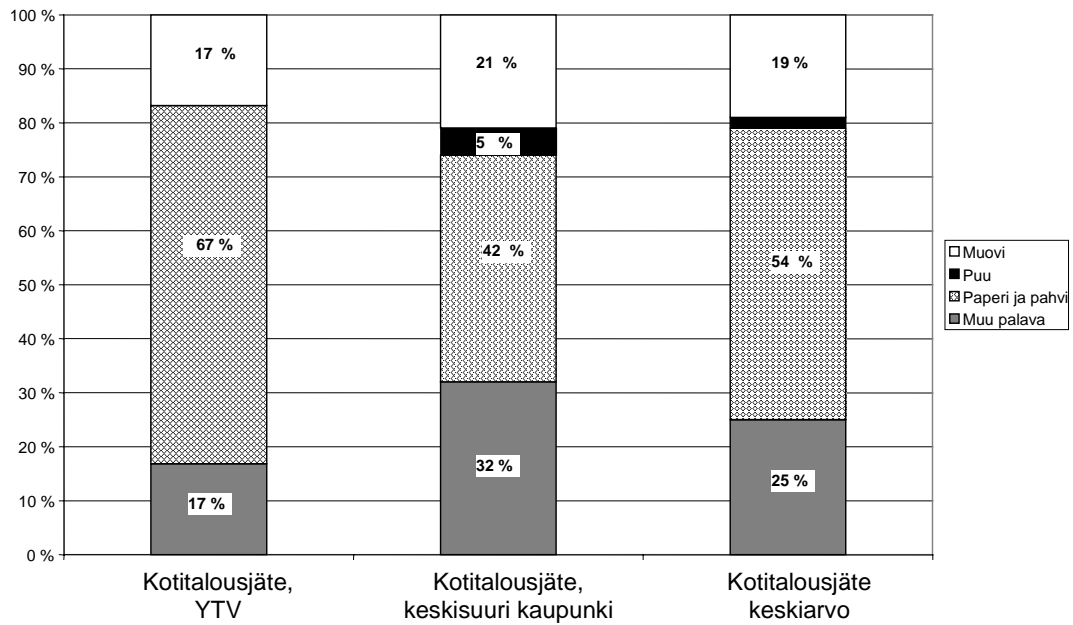
Taulukossa 9 on Suomen ympäristökeskuksen ja Tilastokeskuksen arvio keskimääräisestä kotitalousjätteen koostumuksesta Suomessa sekä kuvassa 7 VTT Energian arvio ns. kotitalouksien kuivajätteen koostumuksesta. Kotitalousjätteen koostumus vaihtelee hieman taajamissa ja haja-asutusalueella. Koostumuksella on merkitystä kasvihuonekaasupäästöjä ajatellen, sillä muovi on fossiilisista raaka-aineista peräisin, joten kierrätyspolttoaine ei ole täysin CO₂-neutraalia. Kuvassa 8 on esitetty eri lähteisiin pohjautuen arvio kaupan ja yritysten kuivajätteen koostumuksesta.

Taulukko 9. Kotitalousjätteen sekä yhdyskuntajätteen jakautuminen eri fraktioihin.

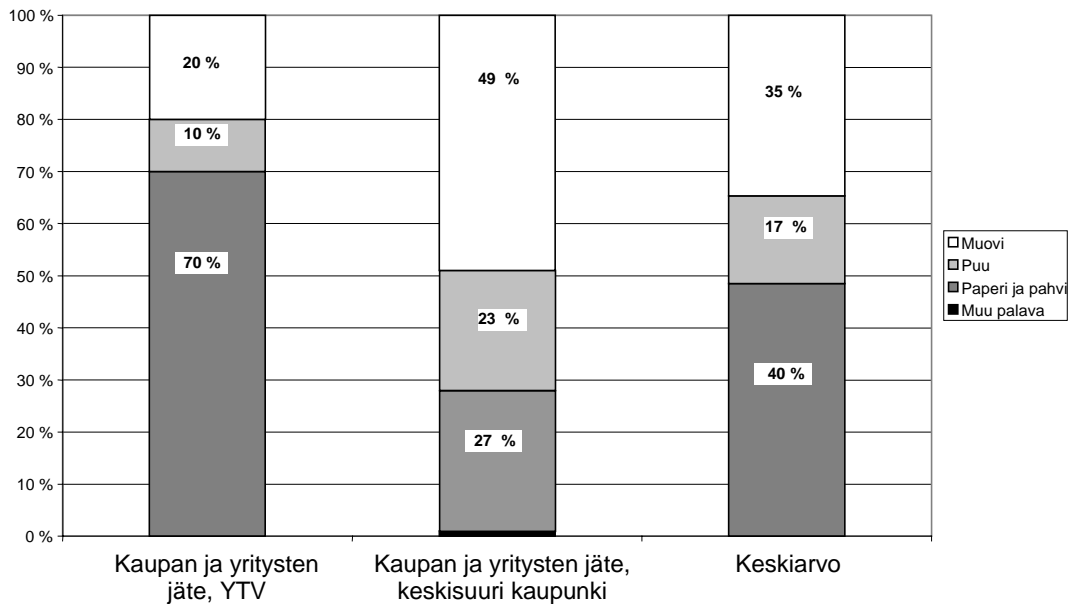
	Kotitalousjäte*	Yhdyskuntajäte**
Paperia ja pahvia	40	41
Biojäte	33	33
Metalli	5	3
Lasi	5	3
Muovi	10	5
Tekstiili	2	1
Muu palamaton	5	5
Muu palava		5
Puu		4
Yhteensä	100	100

*Suomen ympäristökeskus, Tilastokeskus

** Ympäristöministeriö 2000



Kuva 7. Kotitalouksien kuivajätteen koostumus erilaisilla alueilla (Mäkinen et al. 2000, Juvonen 2001).



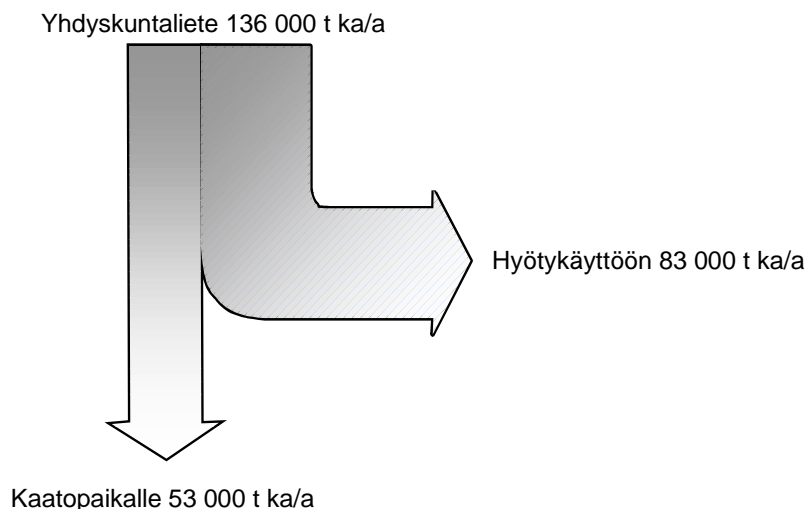
Kuva 8. Kaupan ja yritysten kuivajätteen koostumus eri lähteistä (Mäkinen et al. 2000, Juvonen 2001).

4.3 Yhdyskuntalietteet

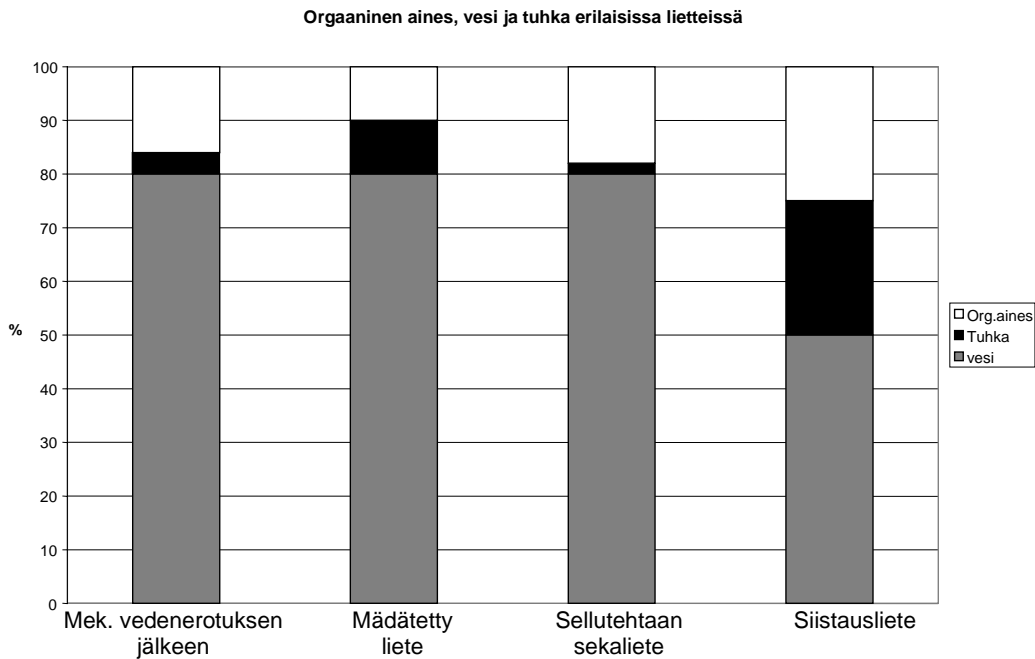
Jätevedenpuhdistamoiden lietteitä syntyy Suomessa yhdyskunnista noin 136 000 t ka/a (1997) ja sakokaivolietteitä lisäksi noin 15 000 t ka/a (noin 1 milj. t/a) (Ympäristöministeriö 1998). Jätevedenpuhdistamoiden lietemäärät eivät ole viime vuosina juurikaan kasvaneet.

Vuonna 1997 läjitettiin kaatopaikalle vielä 53 000 t ka/a lietteitä, mikä sisälsi kompostointia kaatopaikka-alueella (kuva 9). Lietteitä käsitellään nykyisin yhä enemmän kompostoimalla auma- tai laitospompostissa tai biokaasutuslaitoksessa. Uusia tekniikoita, kuten termisiä kuivureita, on tulossa käyttöön. Osa käsitellystä lietteestä päätyy vielä kaatopaikalle, mutta se käytetään silloin usein kaatopaikan peittoihin tai muuhun viherrakentamiseen ja luokitellaan tällöin hyötykäytöksi. Valmisteilla oleva direktiivi biohajoavan jätteen biologisesta käsittelystä asettaa laatuvaatimuksia kompostituotteelle, biokaasutuksen hydrolyysijäännöksen laadulle sekä prosesseille, mikä varmasti vaikeuttaa aumakompostointia ja aumakompostoidun tuotteen markkinoita. Valmiiden tuotteiden viherrakennus- ja lannoitekäyttöä rajoittaa kysynnän vähyys ja tulevaisuudessa osittain ylitarjonta, kun yhä enemmän lietteitä ja biojätteitä käsitellään.

Tulevaisuudessa osa kompostoidusta lietteestä voidaan polttaa seospolttona tai REF-laitoksissa. Vapo Oy Biotech ja EcoBrahe tarjoavat ns. biokuivauskonseptia. Joensuun Vesi Oy investoi ensimmäisenä yhdyskuntajätevedenpuhdistamona lietteiden termiseen kuivuriin tarkoituksena kuivatun lietteen polttaminen.



Kuva 9. Yhdyskuntalietteiden määrä (1997), hyödyntäminen sekä sijoittaminen kaatopaikalle vuonna 1997.



Kuva 10. Erilaisten lietteiden koostumuksia. (Lohiniva et al. 2001)

Yhdyskuntalietteet sisältävät yleensä jonkin verran tuhkaa, ja niiden kuiva-ainepitoisuus on alhainen, joten energiakäyttöä varten ne tulisi kuivata ennen polttoa. Raskasmetalli- ja typpipitoisuus on yleensä melko korkea. Kuvassa 10 on kuvattu erilaisten lietteiden koostumuksia (Lohiniva *et al.* 2001).

4.4 Rakennusjätteet Suomessa

Rakennusjätteet koostuvat uudisrakentamisen, rakennusten purkamisen sekä korjausrakentamisen jätteistä. Rakennusjätteinä pidetään rakennuskohteissa syntyvää jätelain mukaista jätettä, kuten rakennustarvikkeiden ylijäämäkappaleita ja purettuja osia. Rakennusjäte ei siis sisällä rakennustuoteteollisuuden jätteitä.

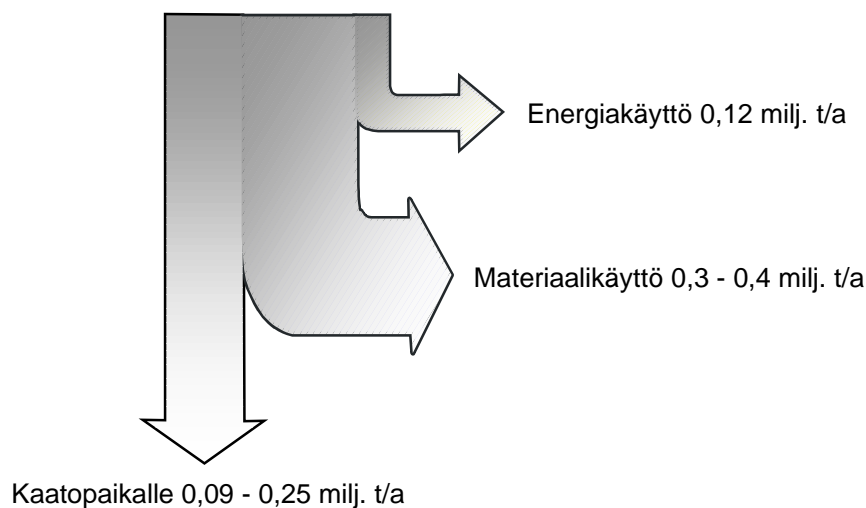
Rakennustoiminnan jätteiden määriin vaikuttavat nousu- ja laskusuhdanteet vahvasti. Rakennustoiminnan jätteiden lajittelu on kehittynyt, ja yhä enemmän jätteitä pystytään hyödyntämään materiaalina tai energiana. Rakennusjätteen erottelu jätteenpolttodirektiivin ulkopuolelle jäävään ns. puhtaaseen puuhun ja direktiivin alle jäävään raskasmetalleja tai orgaanisia halogeenisia yhdisteitä sisältävään puuhun on haasteellinen tehtävä. Näin helpotettaisiin rakennuspuujätteen energiakäyttöä, sillä ns. puhdas puu voitaisiin tällöin polttaa normaaleissa lämpö- ja voimalaitoksissa sekoitettuna muihin puujätteisiin, kuten kuoreen tai sahanpuruun.

Tilastokeskuksen mukaan kaatopaikalle vietiin vuonna 1997 polttokelpoisia rakennusjätteitä noin 190 000 tonnia. Tämän lisäksi sekalaista jätettä vietiin kaatopaikalle tai jätettiin rakennuspaikalle 170 000 t/a, josta on arviolta 60 000 t/a orgaanista (Heikkonen 1998). Näin ollen polttokelpoisen, tällä hetkellä kaatopaikalle läjitettävän rakennusjätteen kokonaismääräksi tulisi 250 000 t/a. (Hietanen 2001)

VTT Energia on arvioinut rakennusjätteen energiakäyttömääräksi Suomessa vuonna 2000 noin 120 000 t/a. Tästä pääosan muodostavat Säkkivälineen Keravan käsittelylaitoksessa, Säkkivälineen muissa laitoksissa ja YTV:n Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksessa käsiteltävät puujätteet. Muut käsittelylaitokset ovat pieniä ja toimivat käytännössä yritysjetteen tai kotitalousjetteen käsittelylaitosten yhteydessä.

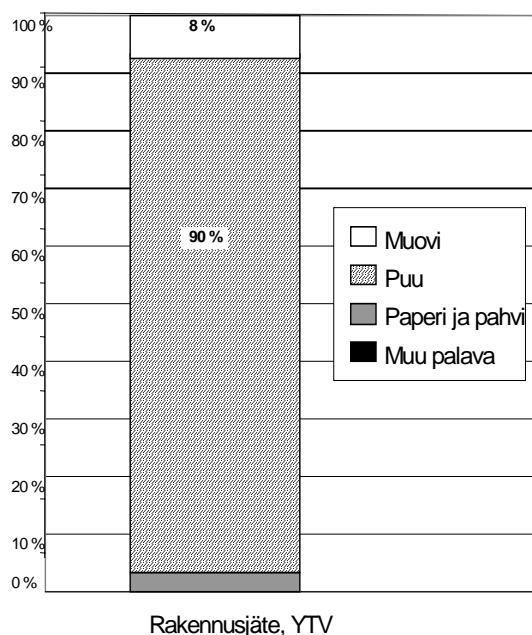
Hieman laskutavasta riippuen orgaanisen rakennusjätteen hyötykäyttöön ohjautuu noin 0,3–0,4 milj. t/a lähinnä rakennusjätepuuta (VTT Energia, Suomen ympäristökeskus). Hyötykäytöksi on laskettu tietty uudelleen käyttö, kierrätys ja pienimuotoinen hyödyntäminen, esimerkiksi työntekijöiden omaan käyttöön viemä rakennuspuujäte. Kuvassa 11 on nähtävissä arvio rakennusjätteen polttokelpoisen ja orgaanisen materiaalin käsittelystä vuonna 2000.

Rakennusjätteiden suhdannevaihtelut vaikuttavat rakennusjätteiden määriin ja pienimillään rakennusjättemäärät olivat 1990-luvulla vain 10 % huippuluvuista.



Kuva 11. Rakennusjätteen (polttokelpoisen ja orgaanisen materiaalin) käsittely vuonna 2000.

Rakennusjätteen polttokelpoisen osan koostumuksesta on esitetty arvio kuvassa 12.

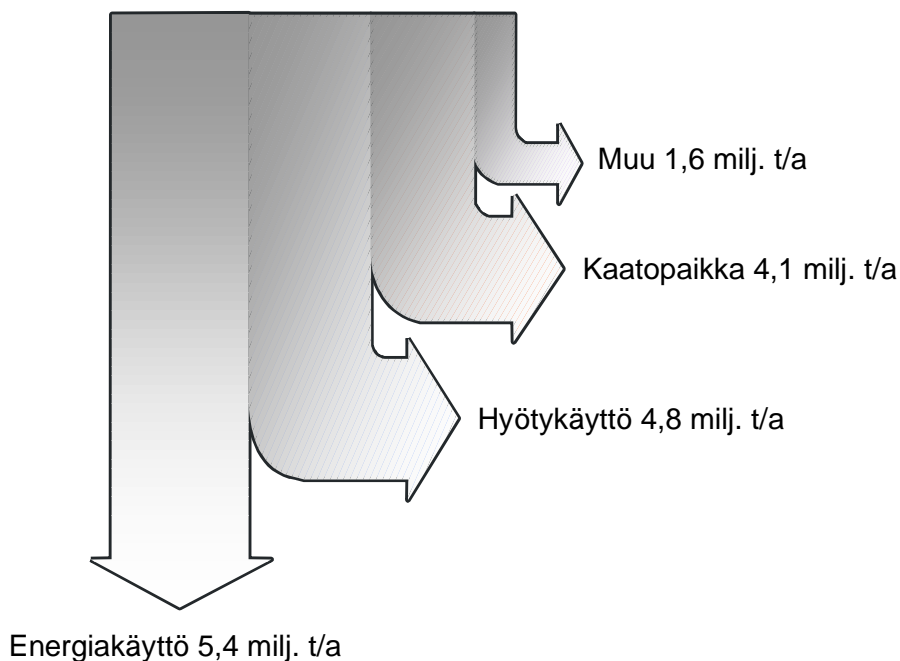


Kuva 12. Rakennusjätteen polttokelpoisen osan koostumus (Mäkinen et al. 2000).

4.5 Teollisuuden jätteet

Teollisuuden jätteet muodostavat suurimman jätekertymän Suomessa. EU:n jätetilastoinnissa metsäteollisuuden puujätteet, kuten kuori, sahanpuru ja lietteen, tilastoidaan jätteinä.

Tilastokeskus on tilastoinut teollisuuden jätekertymiä viimeksi vuonna 1997. Sen mukaan vuonna 1997 kierrätykseen meni teollisuusjätteitä noin 4,8 milj. t/a, energiakäyttöön 5,4 milj. t/a ja muuta käsittelyä oli 1,6 milj. t/a, poisluettuna kaivosteollisuuden jätteet (kuva 13). Kaatopaikalle läjitettiin noin 4 milj. t/a, josta suurin osa on inerttiä materiaalia. Orgaanista materiaalia läjitettiin noin 1,4 milj. t/a (Ympäristöministeriö 2001). Teollisuusjätteet sisältävät kaikki teollisuuden jätefraktiot. Tuotantojätteiden lisäksi teollisuudessa syntyy yhdyskuntajätteeksi tilastoitavia jätteitä noin 350 000 t/a sekä lisäksi pakkausjätettä yli 100 000 t/a. (Vahvelainen ja Salomaa 2000)



Kuva 13. Teollisuusjätteet (1997) ja niiden hyötykäyttö.

4.5.1 Metsäteollisuuden jätteet

Teollisuuden jätteiden energiakäytöstä, 5,4 milj. t/a, valtaosa on metsäteollisuuden (massa- ja paperiteollisuus) kuoren, jättepuun ja kuitupitoisten lietteiden energiahyötykäyttöä. Metsäteollisuudessa läjitetään vielä kaatopaikoille noin 600 000 t/a jätettä (Metsäteollisuus ry 2000a), josta arviolta noin runsas puolet on orgaanista materiaalia.

Puujätteen ja lietteiden lisäksi metsäteollisuudessa syntyy jätteitä, jotka ovat laadultaan lähellä yhdyskuntajätteitä. Metsäteollisuuden tehtaissa poltetaan omissa kuori- ja monipolttoainekattiloissa tänä päivänä lähes aina pieniä määriä jättepolttoaineita, joiden poltto tulee mahdollisesti olemaan jätteenpolttodirektiivin alaista. Tuotannosta tulee kierrätyskelvottomia materiaaleja, kuten massavärjättyjä papereita, märkälujia laatuja, impregnoituja ja pinnoitettuja papereita, kartonkeja ja laminaatteja. Lisäksi jatkojalostusyksiköiltä syntyy jätteenä muovia. Tällaisten vaikeasti kierrätettävien tai kierrätyskelvottomien tuotantojätteiden määrä vaihtelee muutamasta sadasta tonnista aina 20 000 tonniin/tehdasintegraatti. Lisäksi jokaisella sellu- ja paperitehtaalla syntyy jonkin verran yhdyskuntajätteeseeen verrattavaa jätettä, pakkausjätettä sekä rakennusjätettä. (Hietanen 2001)

Metsäteollisuuden kattiloissa poltetaan teollisuuden omia, tytäryhtiöiden tai suurten asiakkaiden jätteitä, jotka tulevat vuonna 2006 olemaan jätteenpolttodirektiivin alaisia jätteitä, noin 100 000–200 000 t/a. (Hietanen 2001)

Teollisuuden jätteiden läjityskustannukset tulevat nousemaan uusien kaatopaikkojen myötä, mikä voi rohkaista lietteiden vaihtoehtoisten käsittelytekniikoiden valintoihin. Niillä tehtailla, joissa on ollut kattilakapasiteettia, on lietteet jo nyt suureksi osaksi poltettu omissa kuorikattiloissa sekoitettuna muihin polttoaineisiin. Uudet ratkaisut, kuten biokuivaus tai erillinen lietekattila, ovat mielenkiintoisia vaihtoehtoja, jos kattilan kapasiteetti ei riitä kasvaville lietemäärille. Myös lietteiden terminen kuivaus, joka mahdollistaa polttoaine- ja lannoitekäytön, on kiinnostava vaihtoehto. Metsäteollisuuden lietteet ovat usein märkiä ja sisältävät paljon tuhkaa, jolloin niiden lämpöarvo on alhainen ja niiden polttaminen kuorikattiloissa on lähinnä lietteiden hävittämistä.

Metsäteollisuudessa ollaan menossa kohti suljettuja kiertoja, mikä voi tuoda uusia jättejakeita energiakäyttöön. Osa näistä jättejakeista on sellaisia, joita on vaikea ominaisuuksiensa (esim. tuhkapitoisuus, raskasmetallit, alkalimetallit) vuoksi polttaa. Kuorikattiloiden polttoainevalikoiman rajoittamiseen on lisäksi paineita, kun monilla paikkakunnilla (esimerkiksi Pietarsaareissa, Jämsänkoskella, Äänekoskella) ollaan siirtymässä yhden suuren pääkattilan järjestelmään, jolloin kattilan alasajon taloudelliset menetykset kasvavat. Lisäksi metsäteollisuus on lisäämässä puun, erityisesti metsätähdehakkeen, käyttöä polttoaineena, jolloin lisäksi turpeen käyttö vähenee. Samalla kattilaa kuonaavien jättejakeiden käyttöä tulisi rajoittaa.

4.5.2 Puutuoteteollisuus (huonekalu-, levy-, mekaaninen puunjalostusteollisuus)

Tilastokeskuksen mukaan puutuoteteollisuuden (huonekalu-, levy-, mekaaninen puunjalostusteollisuus) jättekertymä oli vuonna 1997 noin 4,3 milj. t/a. Tästä 4,3 milj. t:sta/a kierrätettiin 2,3 milj. t/a ja hyödynnettiin energiana 1,9 milj. t/a. Suomen ympäristökeskuksen mukaan kaatopaikalle vietiin puuta teollisuudesta vain noin 100 000 t/a.

Valtaosa tästä 1,9 milj. t:n/a energiakäytöstä voi jatkua sellaisenaan vuonna 2006, kun jätteenpolttodirektiiviin mukaisesti sallitaan puhtaan puun (puu, johon ei ole tullut käsittelyn seurauksena raskasmetalleja tai halogeenisia orgaanisia yhdisteitä) poltto ilman jätteenpolttodirektiivin velvoitteita. Lähes kaikki mekaanisen puunjalostuksen ja levynvalmistuksen jätteet lienee tulkittavissa kuuluvaksi tuohon käsittelemättömän puun luokkaan. (Hietanen 2001)

Rajatapauksia syntyy jonkin verran pinnoitettujen levyjen ja huonekaluteollisuuden jätetepuun osalta. Pinnoitettujen, liimattujen, maalattujen tai kantattujen levyjen käsittelyssä puuhun joutuu hyvin usein ainakin raskasmetalleja, joten viranomaisten tulkinta tulee paljolti ratkaisemaan näiden puujätteiden käsittelytekniikan. Kaiken kaikkiaan tällaista huonekaluteollisuuden, levyteollisuuden (pinnoitettujen levyjen) sekä pienimuotoisen

puusepänteollisuuden puujätettä syntyy noin 0,20–0,25 milj. t/a, josta on mahdollista lajittelulla saada valtaosa ns. puhtaaksi puuksi ja siis vain pieni osa jätteenpolton piiriin kuuluvaksi. (Hietanen 2001)

Puutuoteteollisuuteen kuuluu omana erikoisalueenaan kyllästetty puutavara eli suolakyllästetty ns. CCA-puu, jossa kyllästysaineena ovat kromia, kuparia ja arseenia sisältävät suolat sekä ratapölkyissä ja aikaisemmin myös sähköpylväissä käytetty kreosoottikyllästetty puu. Kreosootti on kivihiilitervaa. Näitä kyllästeitä on käytetty vuosikymmeniä ja käytössä olevan kyllästetyn puun määrä on miljoonia kuutioita. On arvioitu, että lähivuosina kyllästetyn puun käytön jälkeisen erilliskeräilyn yleistyessä kertyvä kyllästetyn puujätteen määrä on kaikkiaan noin 150 000 t/a. Kestopuu Oy on alkanut Ympäristöministeriön kanssa tekemänsä sopimuksen mukaan rakentaa järjestelmää, jossa jätepuu kerätään ja CCA-puu hyödynnetään erikoiskattiloilla siten, että metallit saadaan kierrätettyä. Kreosoottikyllästetyn puun energiakäyttö (noin 50 000 t/a) tapahtuu nyt metsäteollisuuden leijukerroskattiloissa (Kajaani ja Rauma), mutta jatkossa tämäkin jätejake jouduttaneen polttamaan jätteenpolttodirektiivin mukaisesti toimivassa kattilassa. (Hietanen 2001)

4.5.3 Elintarviketeollisuus

Elintarviketeollisuus tuottaa jätettä noin 2 milj. t/a, josta noin puolet hyödynnetään. Energiahyötykäytön osuus on hyvin pieni. Tämän lisäksi elintarviketeollisuuden tilastoinnin ulkopuolelle jää lihantuotannon sopimusviljelijöiden kuiviketta ja lantaa yhteensä noin 200 000–300 000 t/a (Hietanen 2001). Ympäristö- ja hygieniariskien vuoksi näille jakeille ollaan harkitsemassa uusia käsittelymuotoja.

Elintarviketeollisuus on varautumassa suureen muutokseen jätteiden käsittelyssä. Suuri osa jätteistä menee nykyisin hyötykäyttöön turkiseläinten rehuksi tai lannoitteeksi. Kaatopaikalle läjitetään noin 70 000 t/a elintarviketeollisuuden jätteitä.

Erilaisten tautiepidemioiden sekä turkistarhaukseen liittyvien epävarmuustekijöiden takia ollaan nyt hakemassa turvallisia ja varmoja jätteenkäsittelytapoja, jotka olisivat riippumattomia turkistarhauksen tulevaisuudesta ja olisivat turvallisia tautien leviämisen suhteen. (Hietanen 2001)

Mikäli kaikki edellä mainitut jättejakeet tulisivat energiakäyttöön, olisi tarvittava käsittelykapasiteetti elintarviketeollisuuden jätteille noin 650 000 t/a (teurastustoiminta 200 000 t/a, elintarviketeollisuus 200 000 t/a, lannat ja kuivikkeet 250 000 t/a). (Hietanen 2001)

4.5.4 Muu teollisuus

Muuta teollisuusjätettä syntyy vaihtelevia määriä. Tässä tarkasteltavat jätteet eivät sisälly teollisuusjätteiden nyt hyödynnettävään määrään 5,4 milj. t/a jäteperäistä polttoainetta.

Tärkeimpiä muun teollisuusjätteen lähteitä ovat:

- Autonrenkaat ja muu kumiromu, jotka tällä hetkellä käytetään esim. tierakennuksessa, energiahyötykäyttöä vain Paraisten sementtitehtailla. Maailmanlaajuisesti poltto on yhdessä kaatopaikkakäsittelyn kanssa kumijätteen pääasiallinen käsittelytapa.
- Autonromutuksen fluffi ja kumijae (noin 30 000 t/a). Määrän arvioidaan kaksinkertaistuvan lähivuosina, kun kaikki autot romutetaan asianmukaisesti. Suomen autokanta uusiutuu ja muun kuin metallin osuus autoissa kasvaa.
- Kaapeliromutuksen eristejäte, tällä hetkellä noin 5 000 t/a. Määrä nousee tulevaisuudessa, kun pienetkin kaapelierät saadaan kierrätykseen ja kaikki romutus tapahtuu asianmukaisesti. Edelleenkin markkinoilla liikkuu pieniä eriä ns. polttokuparia, josta pääasiassa PVC:tä oleva eriste on poltettu pois kuparin saamiseksi kierrätykseen.

Todennäköinen kokonaismäärä muun prosessiteollisuuden jätteiden polttokelpoiselle osalle lienee noin 300 000–400 000 t/a (Hietanen 2001).

4.6 Jättemäärien kasvu vuoteen 2020

Ruotsissa on arvioitu, että jättemäärä kasvaa keskimäärin 3,3 %/a (RVF 2000), mitä voitaisiin Suomessakin pitää melko järkevänä oletuksena. Jättemäärän odotetaan kasvavan, vaikka jätteiden syntymistä pyritään vähentämään sekä kotitalouksissa, yrityksissä että teollisuudessa. Osasyynä tähän on noususuhdanne, joten tilanne voi muuttua talouden heikentyessä.

KTM:n kansallisen ilmastostrategian taustaselvityksessä on arvioitu Suomen talouskasvun olevan 3 %/a vuosina 2000–2005 ja 2 %/a vuosina 2005–2020 (KTM 2001). Ympäristöministeriön sektoriselvityksessä yhdyskuntajätteen määrä on arvioitu tämän kokonaiskasvun mukaan mutta 10 vuoden aikajänteellä siitä on kuitenkin vähennetty 15 % (vähennys 1,6 %/a) (Dahlbo *et al.* 2000).

Lasku- ja noususuhdanteet vaikuttavat merkittävästi varsinkin rakennusjätteiden määrään. Ympäristöministeriön sektoriselvityksessä rakennus- ja purkujätteiden määrä on arvioitu talonrakennustoiminnan oletetun jalostusarvon kasvun mukaan mutta 10 vuoden aikajänteellä siitä on vähennetty 15 % (vähennys 1,6 %/a) (Dahlbo *et al.* 2000).

Teollisuusjätteiden määrää on määrätietoisesti pyritty vähentämään. Vuosina 1992–1997 kasvua osoittivat metsäteollisuuden ja elintarviketeollisuuden jätemäärät. Perusmetalliteollisuuden ja kemianteollisuuden jätemäärät sen sijaan pienenevät. Teollisuuden jätteiden määrä on arvioitu ympäristöministeriön sektoriselvityksessä massa- ja paperiteollisuuden oletetun jalostusarvon kasvun mukaan mutta 13 vuoden aikajänteellä siitä on vähennetty 15 % (vähennys 1,24 %/a) (Dahlbo *et al.* 2000).

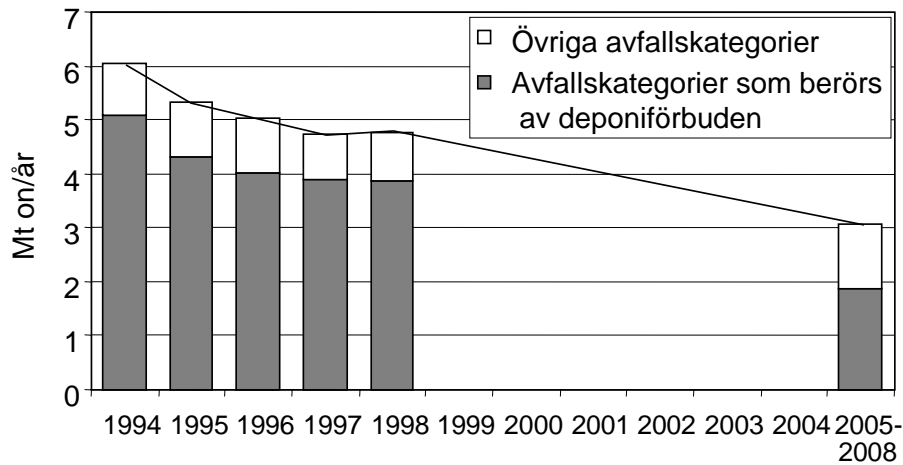
Tässä selvityksessä on käytetty yo. ympäristöministeriön sektoriselvityksen kasvuoleuksia.

4.7 Vertailu Ruotsin jätemääriin ja tilastointiin

Ruotsissa on biohajoavan ja orgaanisen jätteen kaatopaikkasijoituksen vähennyksille otettu kaatopaikkadirektiiviä tiukempi aikataulu. Ruotsissa ei vuoden 2002 alusta saa läjittää polttokelpoista materiaalia kaatopaikalle eikä vuoden 2004 jälkeen orgaanista materiaalia. Vaikka Ruotsissa on toiminnassa 21 jätteenpolttolaitosta (pääosin perinteisiä massapolttolaitoksia, muutama uusi leijukerroskattila RDF:lle), on Ruotsin jätehuollossa tukeuduttu vielä vahvasti kaatopaikkaläjitykseen. Tänä päivänä läjitetään kunnallisille kaatopaikoille Ruotsissa noin 4,4 milj. t/a jätettä, josta huomattava osa on orgaanista ja polttokelpoista materiaalia. Orgaanisen materiaalin kaatopaikkakielto merkitsisi Ruotsissa sitä, että vuonna 2005 olisi polttokapasiteettia oltava 3,9 milj. t:n/a jätemäärälle, kun vuonna 1998 polttokapasiteettia oli noin 2,2 milj. t/a. Jonkin verran uusia laitoksia on rakenteilla, mutta lisäkapasiteettia tarvitaan varsinkin kotitalousjätteen osalta.

Ruotsissa oletetaan, että kierrätys lisääntyy vuoteen 2005 mennessä noin 4,6 % (70 000 t/a), mutta tällä ei vielä täytetä tarvittavaa korvaavaa käsittelyä kaatopaikkasijoitukselle.

Kuvassa 14 on kuvattu kaatopaikkasijoitusta Ruotsissa ja ennustetta vuodelle 2005.



Lähde: RVF Utveckling, Rapport 00:13, ISSN 1404-4471

Kuva 14. Jätteen kaatopaikkasijoitus Ruotsissa ja arvio vuodelle 2005 (RVF 2000).

5. Kierrätyspolttoaineiden valmistus Suomessa

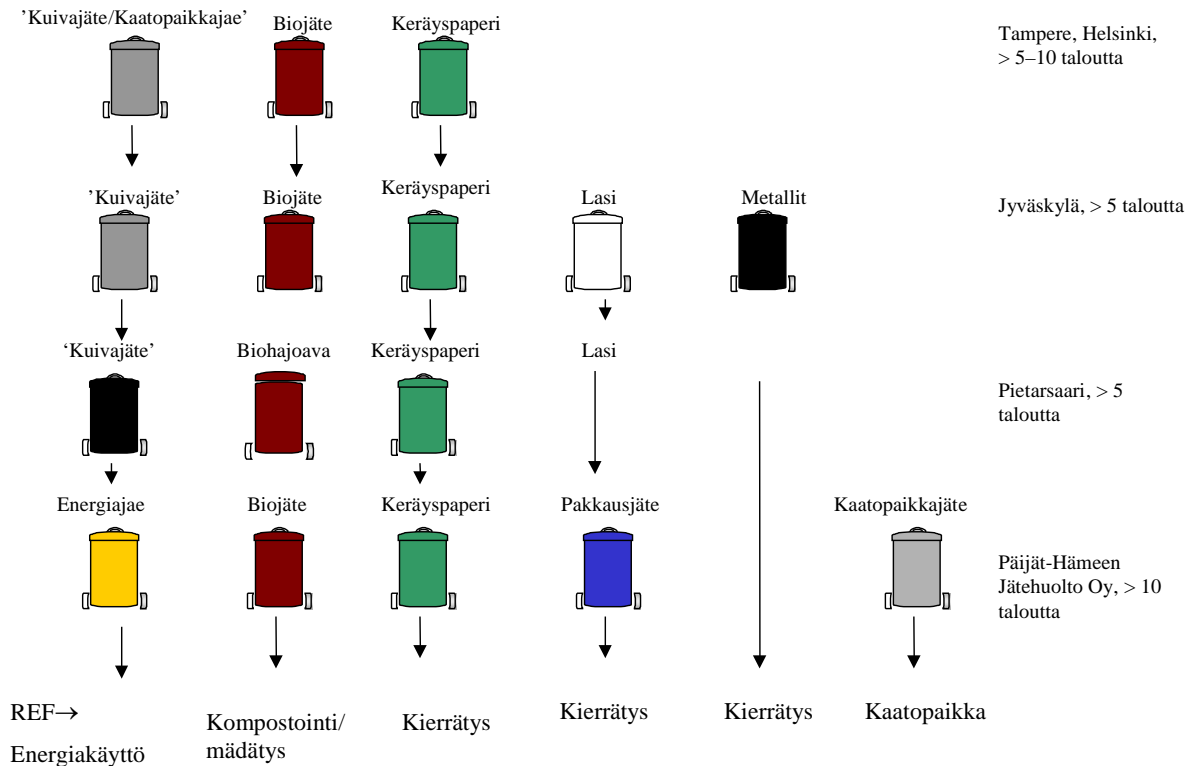
Jätehuollon järjestämisestä vastaavat pääosin jätteen haltijat ja asumisessa syntyvistä jätteistä myös kunnat. Jätehuolto on Suomessa viime vuosikymmenen aikana organisoitunut. Alueellisia jätehuoltoyhtiöitä on nykyisin toiminnassa 27 kappaletta (mukana kuntayhtymät, YTV ja alueelliset jätehuoltoyhtiöt), joiden alueella asukkaita on yhteensä noin 3,6 milj. Lisäksi kuusi kunnallisista jätehuoltoyhtiöstä on muutettu liikelaitokseksi, joiden alueella on asukkaita yhteensä noin 440 000. Kotitalouksista noin 91 % kuuluu kunnallisen tai sopimusperäisen jätehuollon piiriin. Jätteiden energiakäyttöä suunnitellaan ja toteutetaan usealla paikkakunnalla, koska sen on nähty mahdollistavan hyötykäyttötavoitteiden saavuttamisen. (Kuntaliitto 2000)

Vuonna 2000 Suomessa oli toiminnassa noin 17 murskauslaitosta sekä 12 lajittelulaitosta, joissa syntypistelajittelusta jätteestä lajitellaan vielä osa hyötykäyttöön ja loppu käsitellään kierrätyspolttoaineeksi. Osa laitoksista on vain pieniä liikkuvia tai pysyviä murskausasemia, joissa esimerkiksi teollisuuden tuotantojätettä murskataan ennen polttamista.

Kotitalousjäte sisältää yleensä niin paljon erilaisia epäpuhtauksia ja on yleensä huommin lajiteltua, joten sen käsittelyyn polttoaineeksi vaaditaan yleensä monimutkaisempia erottelu- ja valmistussysteemejä.

Kotitalousjäte sekä kaupan ja yritysten jäte kerätään Suomessa, paikkakunnasta riippuen, 1–7 jätteastiaan lajiteltuna (kuva 15).

Esimerkkejä syntypistelajittelujärjestelmistä Suomessa 2001



Kuva 15. Suomessa käytössä olevia jätteiden lajittelujärjestelmiä vuonna 2001.

Jätteistä syntypistelajittelulla yleisimmin paperi sekä biojäte. Lasin, metallin sekä pahvin lajittelu kotitalousjätteestä on käytössä useammalla paikkakunnalla, yleisesti ne kerätään aluekeräyspisteissä. Jätteiden lajittelulla on luonnollisesti vaikutusta polttoainelaatuun.

Tällä hetkellä kunnallisilla jätehuolto-yhtiöillä on toiminnassa 5 kierrätyspolttoaineen valmistuslaitosta (kappale 5.1), joiden kapasiteetit vaihtelevat 30 000–40 000 t/a kierrätyspolttoainetta. Lisäksi toimii useampi pelkästään kaupan ja teollisuuden sekä rakennusjätteen lajittelu/kierrätyspolttoaineen valmistuslaitos. Kierrätyspolttoaineita valmistetaan yhteensä noin 300 000–400 000 t/a (kuva 16). Kaupan ja teollisuuden hyvälaatuisesta, kierrätykseen kelpaamattomasta materiaalista valmistettu REF sisältää yleensä niin vähän epäpuhtauksia, että se SFS 5875 -standardin mukaan voidaan luokitella REF I-luokkaan. Kotitalousjäte sisältää yleensä sen verran epäpuhtauksia, että siitä valmistetun kierrätyspolttoaineen laatu määrittää sen luokkaan REF III/II. Tällä hetkellä, kun kierrätyspolttoaineita poltetaan yleensä pienellä osuudella pääpolttoaineen seassa, standardia ei vielä paljoakaan käytetä kaupankäynnissä.

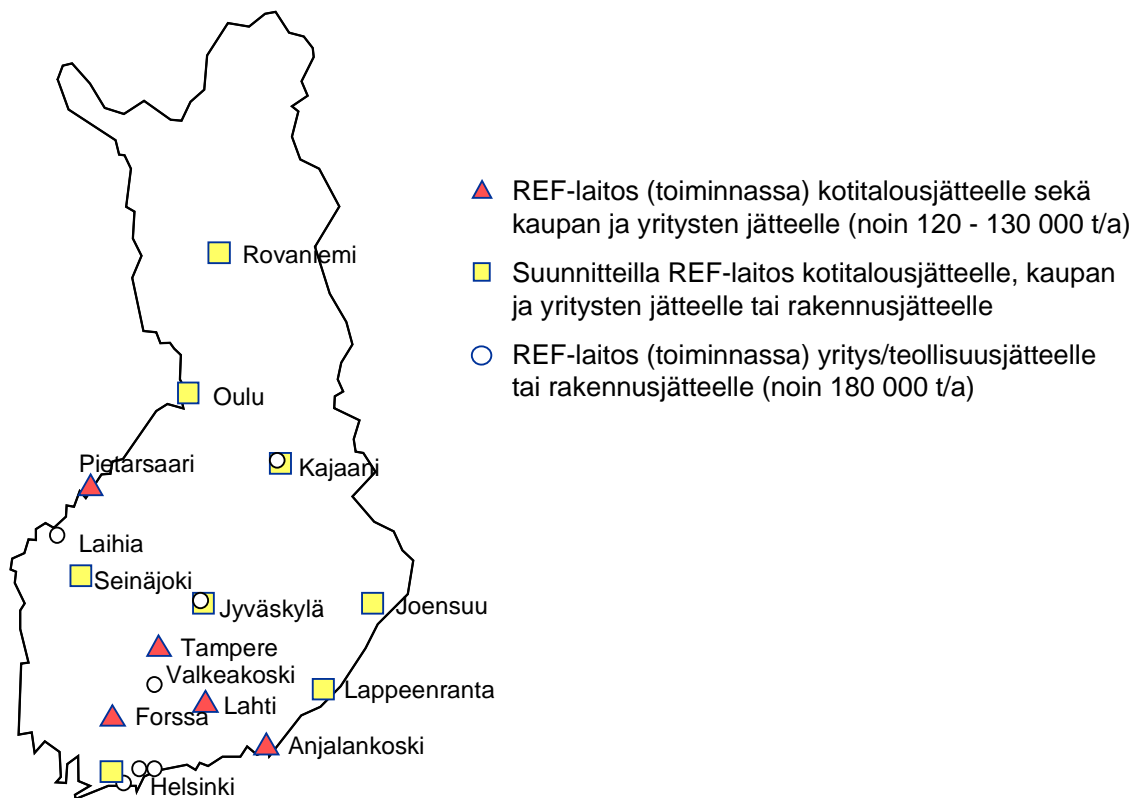
REF:N VALMISTUS

- TURKU (EI ENÄÄ SEKAJÄTETTÄ)	50 000 TONNIA
- RAKENNUSHAKE	65 000
- EWAPOWER (PELLETIT)	25 000
- RESSU, TAMPERE	30 000
- WM, SITA, PAPERINKERÄYS (PÄÄKAUPUNKISEUTU, YRITYSJÄTE)	30 000
- UPM/WM, VALKEAKOSKI	20 000
- METSÄTEOLLISUUDEN PAKKAUS- YM. JÄTE	80 000
- PIENET JA KÄYNNISTYVÄT REF-YKSIKÖT	80 000
- LIIKKUVIEN MURSKAIMIEN TEKEMÄ REF	30 000
 YHTEENSÄ	 410 000 TONNIA



Kuva 16. Kierrätyspolttoaineiden valmistus Suomessa vuonna 1999.

Usealla paikkakunnalla harkitaan investointia kierrätyspolttoaineen valmistuslaitokseen, jotta valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa asetettu 70 %:n hyödyntämistä saavutettaisiin ja toisaalta, kun harkitaan uuden kaatopaikka-alueen perustamisen vaihtoehtoja. Nämä laitokset ottavat yleensä vastaan myös yritysten energiajätettä. Kuvassa 17 on esitetty tällä hetkellä käytössä olevat ja suunnitteilla olevat kierrätyspolttoaineen valmistuslaitokset Suomessa (Jätelaitosyhdistys 2000).

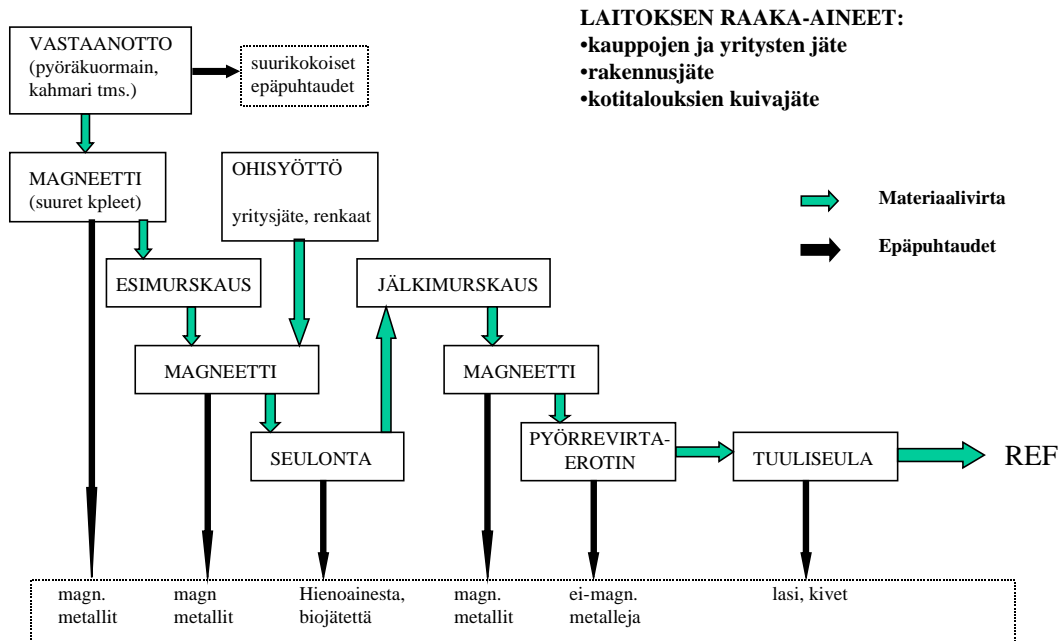


Kuva 17. Suomessa käytössä olevat REF-laitokset sekä suunnitteilla olevat REF-laitokset (Jätelaitosyhdistys 2000 ja VTT Energia).

Yritysjätteen, pakkausjätteen ja rakennusjätteen käsittelyssä voidaan päästä pienelläkin prosessoinnilla. Kuvassa 18 on hahmotettu kierrätyspolttoaineen valmistusta ja tarvittavia laitteistoja ja vaiheita kierrätyspolttoaineen valmistuslaitoksilla Suomessa tällä hetkellä. Uusia laitteistoja, joilla parannetaan mm. hygieniahaittoja, epäpuhtauksien erottamista (IR-tekniikat, vesiallas- ja ilmaluokituskäsittelyt), on tulossa käsittelylaitoksille. Uusia kehittyneempiä käsittelylaitoksia on kuvattu kappaleessa 6.

Tyypillinen kauppojen ja yritysten jätteistä sekä rakennusjätteestä kierrätyspolttoainetta valmistava REF-laitos sisältää murskauksen, magneettierotuksen ja seulonnan, nykyisin myös usein pyörrevirtaerottimen ei-magneettisten metallien erottamiseksi. Kotitalousjätteestä kierrätyspolttoainetta valmistavat REF-laitokset sisältävät useita seuloja, murskaimia ja magneetteja epäpuhtauksien poistamiseksi mahdollisimman hyvin tuotteesta.

KIERRÄTYSPOLTTOAINEEN VALMISTUSPROSESSI



Kuva 18. Tyypillinen kierrätyspolttoaineen valmistusprosessi kotitalousjätteille, kauppojen ja yritysten jätteille sekä rakennusjätteille. (Juvonen 2001)

5.1 Kotitalousjätteen käsittely

Kunnallisia jätehuoltoyrityksiä, jotka valmistavat kierrätyspolttoainetta, oli vuonna 2000 viisi kappaletta.

5.1.1 Pirkanmaan Jätehuolto Oy

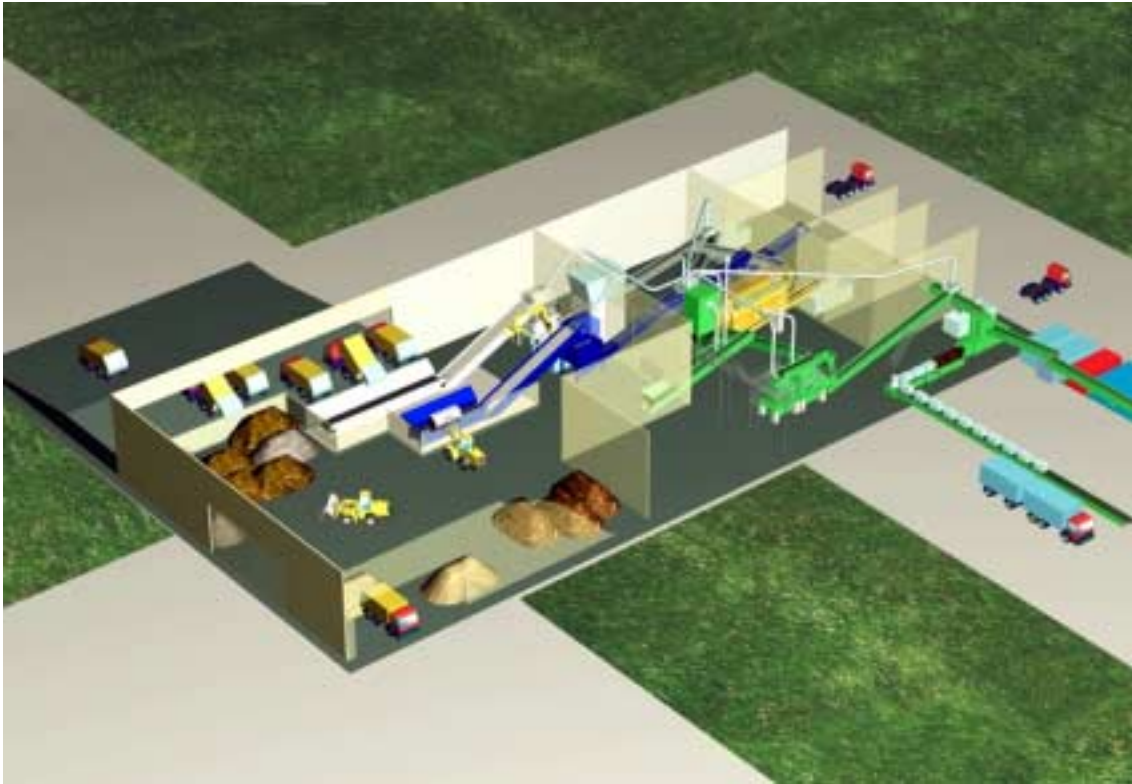
Pirkanmaan Jätehuolto Oy on 16 kunnan omistama yhtiö (kuva 19), joka hoitaa jätehuollon näiden kuntien alueella. Yhtiön toimialueella asuu noin 325 000 asukasta. Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n alueella yli viiden talouden asuinkiinteistöistä kerätään erikseen biojäte, keräyskelpoinen paperi ja ns. kuivajätefraktio. Lasi, metalli ja pahvi kerätään aluekeräyspisteissä. Ongelmajätteet kerätään erikseen ja erillisillä kampanjoilla pyritään vielä lisäämään talteenottoa. (Pirkanmaan Jätehuolto Oy 2000)



Kuva 19. Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n alue (Pirkanmaan Jätehuolto Oy 2000).

Vuonna 1999 kerättiin kotitalouksien kuivajätettä sekä lisäksi sopimusperäisesti kerättyä energiajätettä (sopimusperusteinen yritysten lajiteltu polttokelpoinen jäte) ja kaatopaikkajätettä yhtiön alueella 122 400 t/a. Ressu-REF-laitoksessa (kuva 20) käsiteltiin energia- ja kuivajätettä noin 25 000 t/a. Kaatopaikalle sijoitettiin vielä noin 60 000–80 000 t/a yhdyskuntajätettä. Lisäksi läjitettiin kaatopaikalle noin 51 000 t/a puhdistamolietettä sekä noin 16 000 t/a siistausjätettä. (Pirkanmaan Jätehuolto Oy 2000)

Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n Ressu-kierrätyspolttoaineenvalmistuslaitos (kuva 20) on ollut käytössä vuodesta 1998 lähtien. Valmistuslaitoksessa kuivajäte esimurskataan, jonka jälkeen siitä poistetaan metallit magneeteilla, biojäte seulalla ja lopuksi jälkimurskaimella saatetaan vielä tuote oikeaan palakokoon. Laitokselle hankittiin vuonna 1999 täryseula erottamaan polttoainevirrasta kovia muoveja, kuten PVC:tä. Valmis tuote voidaan ajaa joko fluffina tai paalata, joka helpottaa säilöttävyyttä.



Kuva 20. Ressu-jätteenkäsittelylaitos, Pirkanmaan Jätehuolto Oy.

Vuonna 1999 suurin osa tuotetusta polttoaineesta meni Pietarsaareen Ewapower Oy:lle pelletoitavaksi ja edelleen polttoainekäyttöön.

5.1.2 Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy

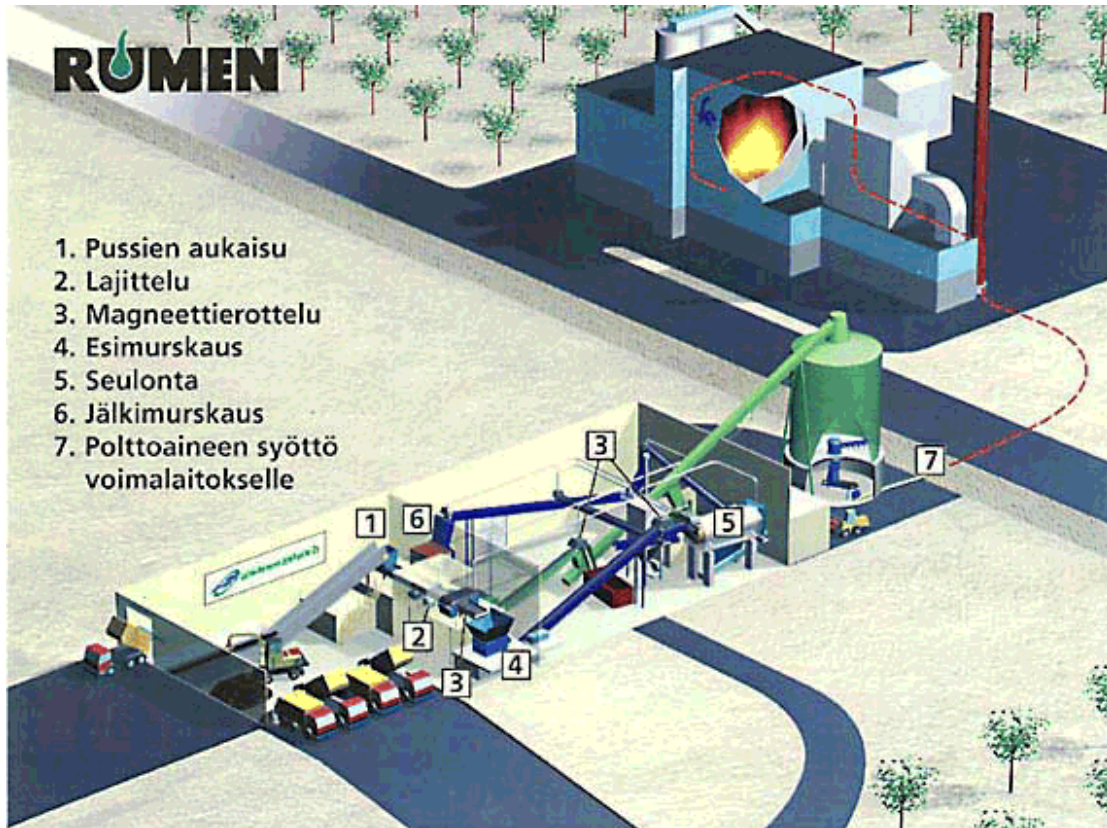
Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n toimialueella on 17 kuntaa (kuva 21) ja alueella asuu noin 93 000 asukasta. Käsiteltävä jätemäärä on noin 45 000 t/a.

Kotitalouksissa lajitellaan yli viiden asunnon taloyhtiöissä biojäte erikseen ja loppu fraktio, ns. energiajäte, käsitellään REF-laitoksessa (kuva 22) polttoaineeksi. Paperi, pahvi, lasi ja metallit kerätään jäteasemilla tai aluekeräyspisteissä erikseen. Yritykset voivat tehdä ns. energiajättesopimuksia, joissa ne sitoutuvat lajittelemaan erikseen polttoaineeksi soveltuvan paperin, pahvin, puun ja kuidun ja toimittamaan ne REF-laitokselle. Energiajättesopimuksen mukainen jätehuolto on noin 50 % edullisempi. Yhdyskuntajätteen hyödyntämisyhteisöaste oli alueella noin 50 % vuonna 2000. (Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy 2000)

Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n kierrätyspolttoaineen valmistuslaitos on ollut käytössä vuodesta 1999. REF-laitoksessa on jätteen esimurskaus, magneettierotus, seulonta sekä jälkimurskain. Polttoaine syötetään pneumaattisella kuljettimella suoraan viereiseen Forssan Energian voimalaitokseen, jossa se tänä päivänä poltetaan sekoitettuna turpeen ja metsätähdehakkeeseen.



Kuva 21. Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n alue (Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy 2000).



Kuva 22. Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n kierrätyspolttoaineen valmistuslaitos (Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy).

5.1.3 Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy

Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n toimialueella on 12 kuntaa (kuva 23) ja alueella asuu yhteensä noin 183 000 asukasta. Yli kymmenen asunnon kiinteistöissä lajitellaan jätteet viiteen eri fraktioon: pahvi- ja pakkausjäte, biojäte, keräyspaperi, energiajäte ja kaatopaikkajäte. Lasi ja metalli kerätään aluekeräyspisteissä. Energiajätettä kerättiin Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n alueelta vuonna 1999 noin 4 500 t/a. Vuonna 1998 Kujalan jäteasemalla läjitettiin kaatopaikalle yhdyskuntajätettä noin 33 000 t/a sekä puhdistamolietteitä noin 4 000 t/a. (Rahkonen 2000, Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy 2001)



Kuva 23. Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n alue (Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy 2001).

Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n keräämä energiajäte kuljetetaan Lahden Lämpövoima Oy:n Kymijärven voimalaitokselle. Siellä jäte kipataan ensin REF-hallin lattialle, josta se työnnetään traktorilla esimurskainta syöttävälle lamellikuljettimelle. Tässä voidaan erotella vielä polttoon kelpaamatonta materiaalia jätevirrasta. Kuljetin vie materiaalin magneettierottimen, seulan ja jälkimurskaimen kautta varastohalliin. Varastosta polttoaine puretaan pituussuuntaan liikkuvalla ruuvilla, joka pudottaa materiaalin varaston sivussa olevalle hihnakuljettimelle. Kaasuttimelle polttoaine kuljetetaan kolakuljettimella. Kaasuttimesta ja voimalaitoksesta kerrotaan enemmän kappaleessa 7. (Kivelä 2000)

5.1.4 Kymenlaakson Jäte Oy

Kymenlaakson Jäte Oy on alueellinen jätehuolto-yhtiö, jonka alueella on yhteensä 13 kuntaa ja noin 190 000 asukasta. Jätteet lajitellaan kotitalouksissa oranssiin pussiin (energiajäte) ja muun värisiin pusseihin (kaatopaikkajäte). Jätteet lajitellaan optisesti erottelevan kameratekniikan avulla lajittelulaitoksella, ja energiajäte prosessoidaan eteenpäin kierrätyspolttoaineen valmistuslaitoksella ja kaatopaikkajätepusseja läjitetään kaatopaikalle.

Murskauslaitoksella optisen lajittelun kautta tullut energiajäte sekä kauppoista ja pien-teollisuudesta erikseen kerätty energiajäte käsitellään esimurskaimen, magneettierotuksen ja jälkimurskaimen sekä seulan kautta kierrätyspolttoaineeksi. Laitoksen valmistus-

kapasiteetti on 40 000 t/a kierrätyspolttoainetta. Kierrätyspolttoaine kuljetettiin vuonna 2000 pääasiassa Lahden Lämpövoiman Kymijärven voimalaitokselle energiakäyttöön.

5.1.5 Ab Afallsservice Stormossen Jätehuolto Oy, Oy Botniarosk Ab, Oy Ekorosk Ab

Stormossenin Jätehuolto Oy:n, Botniarosk Oy:n ja Ekorosk Oy:n alueella Vaasassa, Pietarsaareissa ja lähikunnissa asuu yhteensä noin 180 000 asukasta.

Ab Afallsservice Stormossen (ASJ) vastaa jätehuollosta Vaasan alueella. Jätteet lajitellaan kotitalouksissa ns. keittiöjätteeseen (kierrätykseen kelpaamaton paperi, muovi, biojäte ja pakkaukset = biojäte + polttokelpoinen jäte) ja karkeajätteeseen (= ei-organinen materiaali). Lisäksi yli viiden huoneiston kiinteistöissä tulee kerätä erilleen keräyspaperi, metalli ja lasi. (ASJ 2001)

Keittiöjäte käsitellään Stormossenin biokaasureaktorissa, jossa kotitalouksien orgaaninen osa ja lietteet mädätetään ja tuotetaan energiaa. Prosessiin kuuluvat ensin murskaus ja magneettierotus, joilla erotetaan polttokelpoinen fraktio (RDF) ja epäpuhtaudet. Raskaampi orgaaninen osa erotetaan seulalla ja käsitellään biokaasutuslaitoksella.

Oy Botniarosk Ab on kahdeksan kunnan (Isojoki, Jurva, Karijoki, Kauhajoki, Kaskinen, Kristiinankaupunki, Närpiö, Teuva) alueella toimiva jätehuolto-yhtiö. Botniarosk Oy:n alueella asuu noin 50 000 asukasta, ja alueella tuotetaan noin 10 000 t/a yhdyskuntajätettä. Alueella tullaan jätteet lajittelemaan keittiöjätteeseen (ks. edellä) ja karkeajätteeseen. Keittiöjäte toimitetaan ASJ:n Stormossenin laitoksella, jossa bio- ja energiajäte erotetaan mekaanisesti toisistaan, biojäte ohjataan biokaasuttimelle ja energiajäte toimitetaan Ewapower Oy:n pelletointilaitokselle ja edelleen energiakäyttöön. (Oy Botniarosk Ab 2001)

Ekorosk Oy on yhdentoista kunnan (Luoto, Kruunupyy, Kaustinen, Veteli, Evijärvi, Korttesjärvi, Uusikaarlepyy, Oravainen, Alajärvi, Pietarsaari, Pedersö) alueella toimiva jätehuolto-yhtiö. Jätteet lajitellaan ns. märkäjakeeseen ja kuivajätteeseen. Mustaan pussiin kerätään kaikki orgaaninen materiaali (biojäte, kasvit jne.) ja valkoiseen pussiin kerätään kaikki polttokelpoinen materiaali. Mustat ja valkoiset pussit kerätään kaikki samassa jätteastiassa ja lajitellaan sitten optisella lajittelulla polttokelpoiseen fraktioon, joka kuljetetaan pelletoitavaksi Ewapower Oy:n pelletointilaitokselle. Mustat pussit kuljetetaan Mustasaaren Stormossenin biokaasutuslaitokselle. (Ekorosk 2001)

Ewapowerin pelletointilaitos sisältää esimurskauksen (vasaramurskain), magneettierotuksen, ilmaerotuksen ja seulan sekä jälkimurskauksen, kuivauksen, pelletoinnin ja pölynerotuksen.

Ewapowerin tuotantokapasiteetti on noin 40 000 t/a, josta valmiita pellettejä saadaan noin 30 000 t/a (Energia 2/1998). Pelletit on rinnakkaispoltettu UPM-Kymmenen Pietarsaaren tehtaan leijukattilassa.

5.2 Kaupan, teollisuuden ja yritysten jäte sekä rakennusjäte

5.2.1 Sita Finland Oy

Sita Finland Oy tarjoaa jätteen kuljetusta ja laitevuokrausta, ja se omistaa Helsingin Viikissä kierrätyspolttoaineen valmistuslaitoksen kaupan ja teollisuuden energijätteelle. Laitoksessa lajiteltu energijäte käsitellään yksivaiheisen murskauksen ja metallierotuksen avulla kierrätyspolttoaineeksi. Koska prosessi on yksinkertainen, on lajitteluohjeiden oltava selkeät. Kierrätyspolttoaine kuljetetaan yleensä kaupunkien tai metsäteollisuuden (Anjalankoski) voimalaitoksille tai lämpölaitoksille poltettavaksi muiden polttoaineiden seassa.

Laitoksen uudessa ympäristöluvassa (23.8.2000) Uudenmaan ympäristökeskus on myöntänyt laitokselle luvan vastaanottaa yhdyskuntajätettä 5 000 t/a sekä lisäksi energiakäyttöön soveltuvaa liike- ja teollisuusjätettä enintään 15 000 t/a ja rakennusjätettä enintään 15 000 t/a (Uudenmaan ympäristökeskus 2000).

5.2.2 Säkkiväline Ympäristöpalvelut Oy

Säkkiväline Ympäristöpalvelut Oy, kuten Sita Oy, tarjoaa jätteen kuljetus-, siirtokuorma- ja kierrätyspolttoaineen valmistusta yrityksille, teollisuudelle ja yhdyskunnille. Säkkiväline Ympäristöpalvelut Oy:llä on kolme isompaa kierrätyspolttoaineen valmistus- ja lajittelulaitosta lähinnä rakennus- ja yritys-jätteelle Keravalla, Lohjalla ja Jyväskylässä. Yhteensä nämä laitokset tuottavat noin 100 000–140 000 t/a kierrätyspolttoainetta ja puuhaketta.

Säkkiväline Ympäristöpalvelut Oy:llä on ollut Keravalla toiminnassa rakennusjätteen käsittelylaitos vuodesta 1998 lähtien. Laitokselle 24.1.2000 myönnettyssä ympäristöluvassa Uudenmaan ympäristökeskus on myöntänyt laitokselle luvan vastaanottaa ja käsitellä maksimissaan 170 000 t/a rakennus-, teollisuus- ja pakkausjätettä, alkulajiteltua puuta sekä elektroniikkaromua. Laitos käsittelee vuosittain noin 90 000 t/a rakennusjä-

tettä, pakkausjätettä ja puhdasta puujätettä. Puujäte murskataan erillisellä murskaimella. Pakkaus- ja muovipitoisesta jätteestä erotellaan manuaalisesti epäpuhtauksia ja suuria kappaleita, ja tuote murskataan pienempään palakokoon. Materiaalista erotetaan vielä metalleja magneettierottimella. Valmis polttoaine pyritään erottelemaan puhtaaksi puujätteeksi, joka kuljetetaan lämpölaitosiin poltettavaksi, ja pakkausjätteeksi, joka menee energiakäyttöön Anjalankoskelle tai Raumalle.

5.2.3 ET Energiatuote Oy

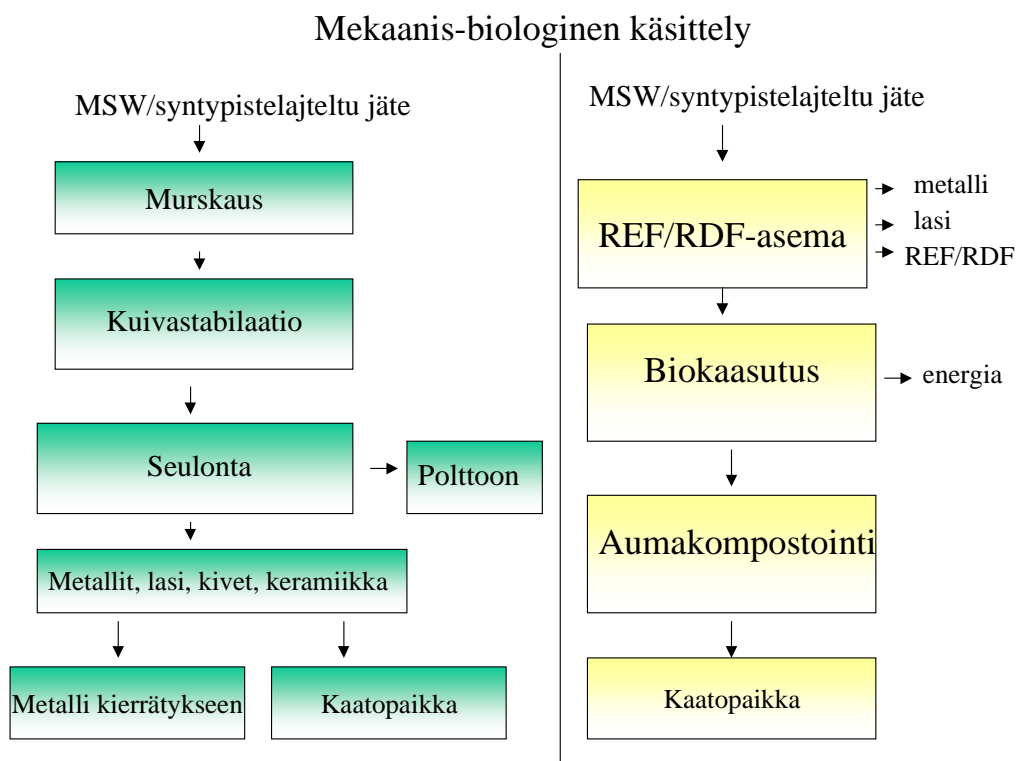
ET Energiatuote käynnisti Laihialla yritysten ja pienteollisuuden pakkaus- ja tuotantojätettä käsittelevän kierrätyspolttoaineen valmistuslaitoksen vuonna 1999. Laitos tuottaa vuosittain noin 10 000 t/a kierrätyspolttoainetta.

ET Energiatuotteen prosessi sisältää esimurskauksen, magneettierotuksen, jälkimurskauksen ja seulonnan sekä pyörrevirtaerottimen (eddy-current) erottamaan ei-magneettisia metalleja. Laitos tuottaa kierrätyspolttoainetta, joka käytettiin vuonna 2000 suurimmaksi osaksi UPM-Kymmene Oyj:n voimalaitoksella Raumalla.

6. Uudet tekniikat jätteenkäsittelyssä

6.1 Mekaanis-biologinen käsittely

Viime vuosina on Euroopassa yleistynyt ns. mekaanis-biologinen käsittely. Mekaanis-biologinen käsittely on lähinnä jätteiden esikäsittelyä ennen kaatopaikkasijoitusta. Siinä MSW tai syntypistelajiteltu jäte prosessoidaan mekaanisesti ja biologisesti (murskaus, seulonta, kompostointi tai biokaasutus) vähentäen samalla läjitettävän jätteen määrää ja biologista aktiivisuutta. Mekaanisessa käsittelyssä saadaan talteen kierrätyksen kelpaavaa tai polttokelpoista materiaalia jatkokäsittelyä varten. Biologisessa käsittelyssä jätteen sisältämä orgaaninen aines pyritään käsittelemään niin, että hajoamistoiminta ja materiaalin määrä pienenee. Lopputuote, josta orgaaninen aines on pienentynyt huomattavasti, voidaan läjittää kaatopaikalle. Jätteiden esikäsittely mekaanis-biologisesti ennen kaatopaikkasijoitusta vähentää kaatopaikkojen metaanipäästöjä merkittävästi verrattuna käsittelemättömän jätteen kaatopaikkasijoitukseen. Kuvassa 24 on havainnollistettu erilaisia mekaanis-biologisia käsittelyjärjestelmiä.



Kuva 24. Mekaanis-biologisen käsittelyn pääperiaatteet.

6.1.1 Herhof-kuivastabilointi

Herhofin tarjoamassa ns. kuivastabilointitekniikassa pyritään lyhyellä hajotusajalla jättämään orgaanista ainesta tuotteeseen samalla vähentäen biologista mikrobien hajotustoimintaa tuotteessa. Prosessi sisältää jätteen kuivastabiloinnin kompostointilaitoksessa sekä kuivastabiloidun jätteen erotuksen polttoainefraktoon, kierrätettäviin materiaaleihin sekä kaatopaikkafraktoon. Herhofin konseptin perustana on siis kierrättää ja käyttää uudelleen jätteiden arvokkaita osia. (Herhof-Umwelttechnik GmbH 1997)

Jäte otetaan käsittelyyn kahmarilla ja kuljetetaan murskaimelle, jossa jäte murskataan ja sekoitetaan mahdollisimman homogeeniseksi materiaaliksi. Sen jälkeen jäte kuljetetaan kuljetushihnalla ilmatiiviisti kompostointitunneliin. Jätteen biologinen kuivaus on Herhofin prosessin avaintekniikoita. Helposti hajoavat orgaaniset ainekset hajoavat käsittelyssä. Vesipitoisuus pienenee alle 15 %:iin, jolloin kuivastabilaatin säilyvyys paranee. (Herhof-Umwelttechnik GmbH 1997)

Kompostointiosasto on ilmatiivis. Ilmaa johdetaan materiaalin pohjalta eikä materiaalia siirretä kompostointiprosessin aikana. Kuivaus kestää noin 6 vuorokautta, jonka aikana ilman avulla muutetaan helposti hajoavat orgaaniset ainekset ja tuotetaan samalla lämpöä, mikä kuivattaa jätettä. Massa pienenee noin 30–35 %. Kuivauksen jälkeen jätteen lämpöarvo on noin 12 MJ/kg (kalorimetrinen). Kompostoinnissa käytetty ilma johdetaan lämmönvaihtimille, jolloin saadaan hajukaasujen määrää vähennettyä ja samalla lämpöä talteen. Kun kompostointi/kuivaus on valmis, avataan kompostointiosaston ovet. Ilma puhdistetaan suodattimilla. (Herhof-Umwelttechnik GmbH 1997)

Kompostoinnista tuleva tuote lajitellaan materiaalien ominaisuuksien perusteella. Materiaali rumpulajitellaan eri kokosiin fraktioihin ja murskataan. Raskaampi polttokelvon fraktio, kuten kivet, lasi, keramiikka ja metallit putoavat seulalla raskaampina pois. Tästä fraktiosta erotetaan metallinerottimella magneettiset metallit kierrätykseen ja eddy-currentilla ei-magneettinen alumiini erilleen. Lasi on myös mahdollista erottaa optisesti tai mekaanisesti eri fraktioihin. Polttoon kelpaamaton fraktio läjitetään kaatopaikalle ja sen osuus on noin 10–30 % alkuperäisestä materiaalista riippuen siitä, kuinka hyvin metallit ja lasi saadaan kierrätykseen.

Jäljelle jäävä kevyempi fraktio on ns. kuivastabilaatti, joka voidaan polttaa. Sen osuus on noin 50 % prosessoitavasta jätemateriaalista. Kuivastabilaatin lämpöarvo on noin 15–18 MJ/kg (kalorimetrinen). (Herhof-Umwelttechnik GmbH 1997)

Herhofin kuivastabilointilaitoksia on toiminnassa muutamia Saksassa. Esimerkkinä kuvassa 25 esiintyvä Asslarin kuivastabilointilaitos.



Kuva 25. Asslarin kuivastabilointilaitos, 120 000 t/a MSW.

6.1.2 Anaerobinen prosessi - Valorga ja Citec

Mekaanis-biologista käsittelyä biohajoavalle jätteelle tarjoavat myös mm. suomalainen Citec Oy ja Valorga. Mekaanisesti käsitelty (murskaus, seulonta yms.) jäte biokaasutetaan ilman suurta vesimäärää ja samalla tuotetaan metaania sekä lopputuotetta, joka stabilisoidaan aerobisesti kompostoimalla. Etuina ovat vähäinen esikäsitteilyn tarve, massan pieneneminen sekä pieni reaktorikoko. Prosessi on suljettu, mikä vähentää hajuongelmia.

Citec tarjoaa mekaanis-biologista prosessia lajittelemattomalle MSW:lle, lajitellulle yhdyskuntajätteelle ja jätteen ja yhdyskuntalietteen seokselle.

Yhdyskuntajäte tai lajiteltu biojäte kipataan vastaanottohalliin, josta jäte otetaan käsittelyyn. Käsittelyyn kuuluu jätteen esimurskaus, seulonta, magneettierotus, lämmitys, homogenisointi ja murskaus.

Esimurskaimessa materiaali homogenisoituu osittain ja se voidaan ohjata eteenpäin ruuvikuljettimella seulalle, joka erottaa suuria kappaleita (paperia, tekstiilejä, muovikalvoja) eron muusta materiaalista. Tämä fraktio on ns. RDF-fraktio, josta erotetaan vielä magneettierottimella metalleja, jonka jälkeen se ohjataan jatkoprosessointiin RDF/REF-laitokselle. Seulan ohittanut materiaali kuljetetaan ns. sekoituserottajalle (mix separator), joka käsittelee jätettä ennen mädätystä. Siinä jäte liuotetaan veteen, homogenisoidaan, siitä erotetaan inerttejä materiaaleja ennen biokaasutusta ja aloitetaan hydrolyysi. Jätettä lämmitetään lisäämällä esilämmitettyä prosessivettä ja höyryä. Materiaali sekoitetaan ruuvisekoittajilla, jolloin inerttiä materiaalia saadaan erotettua paremmin. Tämän jälkeen jäte kuljetetaan bioreaktoreille murskaimen kautta, jolloin sedimentoitumattomat partikkelit murskautuvat. (Citec Oy 2000)

Biologinen materiaali käsitellään anaerobisissa oloissa joko termofiilisessa (55 °C) tai mesofiilisessa (35 °C) lämpötilassa. Sekoitus on tärkeää, ja se tehdään joko mekaanisesti tai kaasusekoituksella. Hajoamaton materiaali poistetaan pohjalta ja siitä poistetaan mekaanisessa vedenerotuksessa vettä ennen läjitystä kaatopaikalle. Prosessi tuottaa biokaasua 100–150 m³/t biojätettä (brutto). Jätteen volyyymi pienenee noin 60 % ja paino 50–60 %. Suomessa on toiminnassa yksi tällainen laitos Vaasassa. Lisäksi Citecillä on referenssejä ulkomailla, mm. Hollannissa. (Citec Oy 2000)

Valorgan prosessissa hydrolyysi (kiinteän materiaalin tekeminen liukoiseksi) ja biokaasun tuotanto tehdään samassa reaktorissa. Biologista esikäsitelyä ei tarvita. Reaktorit ovat pystysuoria tankkeja, jossa mädätetty materiaali poistetaan pohjasta painovoiman avulla. Yleensä kuiva-ainepitoisuus reaktorissa on noin 20–25 % ja retentioaika noin 2–4 viikkoa. Biokaasua tuotetaan noin 80–180 m³(n)/t (90–295 kWh/t sähköä ja 190–460 kWh/t lämpöä). Esimerkkinä tällaisesta laitoksesta on kuvassa 26 näkyvä Cadizin laitos Espanjassa. (Babcock Borsig Power-Austrian Energy 2001)

Mädätetty tuote kompostoidaan tämän jälkeen hallitusti noin 8 viikoksi, jonka jälkeen tuote voidaan läjittää kontrolloidusti kaatopaikalle. Biohajoava jäte on lähes täysin poistettu eikä biologista hajoamista tapahdu enää kaatopaikalla.



Kuva 26. Cadizin laitos Espanjassa, käsittelee 115 000 t MSW/a, viipymäaika vähintään 25 vuorokautta, tuottaa lämpöä ja sähköä. (Babcock Borsig Power-Austrian Energy 2001)

6.2 Uudempia REF-asemakonsepteja

Perinteisiä REF/RDF-asemia on kehitetty edelleen, ja varsinkin kaupan ja yritysten jätteenkäsittelyä voidaan tehostaa näillä uusilla asemilla.

6.2.1 SORTEC 3.0

Saksassa DSD (Duales Systems Deutschland) hoitaa pakkausjätteiden kierrätystä. Saksassa voimassa oleva lainsäädäntö on antanut DSD:n tehtäväksi pakkausjätteiden kierrätyksen hoitamisen. Rahat toimintaan kerätään pakkausjätteiden tuottajilta ja veronmaksajilta. (DSD 2000)

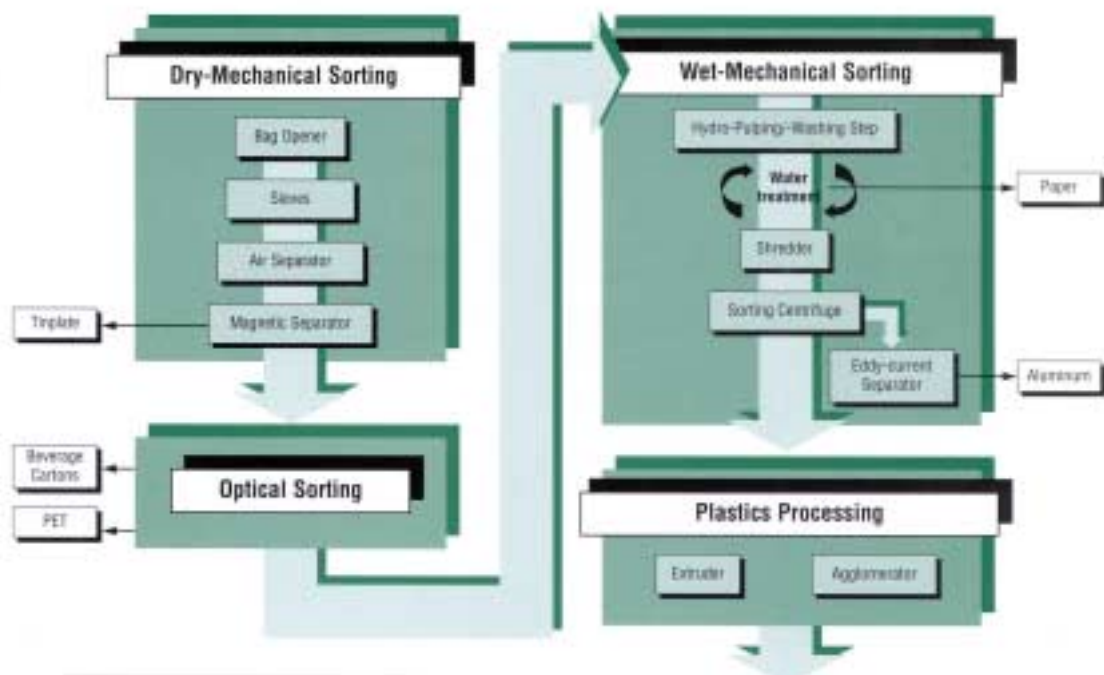
DSD käsittelee vuosittain noin 5,4 milj. t/a jätettä (lasia, metalleja, muoveja, alumiinimateriaalia, paperia ja pahvia). Lajittelulaitoksia kevytpakkauksille on Saksassa noin 300. DSD:n käsittelyyn soveltuvat ja maksetut tuotteet on merkitty vihreällä pisteellä, eli tuottaja on tällöin maksanut DSD:lle jätteen käsittelyn. Pakkausjätteet lajitellaan kotitalouksissa ja yrityksissä keltaisiin pusseihin.

DSD:n tarkoituksena on uuden SORTEC-aseman kautta vähentää tai lopettaa manuaalisen erottelun tarvetta jätteenkäsittelylaitoksella. Ensimmäinen SORTEC-asema rakennettiin Hannoveriin EXPO 2000 -maailmannäyttelyyn (25 000 t/a), mutta DSD:n tarkoituksena on rakentaa vastaavia laitoksia eri puolille Saksaa. Laitoksen investointikustannus oli noin 20 milj. DEM. (DSD 2000)

Prosessi koostuu kolmesta osasta: kuiva mekaaninen esilajittelu, märkälajittelu ja lopuksi muovin prosessointi (kuva 27). Keltaiset pussit avataan mekaanisesti, kotitalouksien pakkausjäte prosessoidaan seulojen kautta eri kokoihin fraktioihin, jonka jälkeen ilmaerottelulla erotetaan kevyttä muovikalvoa ja paperia. Materiaali, joka jää jäljelle ilmaerottelun jälkeen, kuljetetaan magneettierottimelle, jossa erotetaan tölkkejä ja muuta metallista materiaalia.

Optisessa lajittelijassa erotetaan IR-spektroskopiaan perustuen PET-pulloja ja mehutölkkejä. IR-spektroskopiolla voidaan tunnistaa erilaisia kokoja, muotoja ja värejä, joiden perusteella jätteet voidaan lajitella eri jakeisiin. (DSD 2000)

Optisen lajittelijan jälkeen materiaalivirta ohjataan pulpperille, jossa hitaasti pyörivä sekoittaja sekoittaa paperin ja kuidut veteen. Pulpperissa muovit ja alumiini puhdistuvat ja kulkeutuvat eteenpäin. Vesierottelussa paperikuidusta erotetut haitta-aineet flokkuloidaan ennen tiivistämistä. (DSD 2000)



Kuva 27. DSD:n SORTEC 3.0 -laitos.

Seuraavaksi jäljelle jäävä osa, joka sisältää pääasiassa alumiinia ja muovia, murskataan ja murske ohjataan kahdelle lajittelulingolle, jotka erottavat muovit eri fraktioihin niiden tiheyksien mukaan. Raskaasta materiaalista erotetaan eddy-currentilla alumiini. Sen jälkeen muovifraktiot sulatetaan ekstrudereilla ja prosessoidaan agglomeraateiksi tai granulaateiksi.

Tässä muodossa muoveja voidaan käyttää mekaanisessa kierrätyksessä. (DSD 2000). Huomattava osa muovigranulaateista käytetään kuitenkin masuunien polttoaineena.

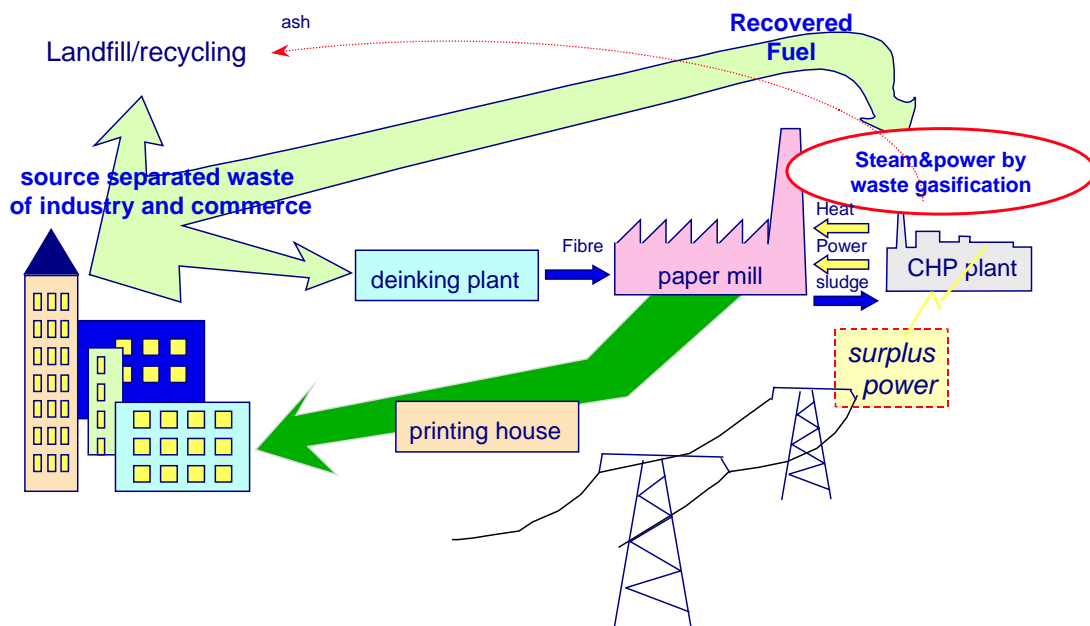
SORTEC-asema on suunniteltu pakkausjätteelle, mutta sitä on mahdollista soveltaa myös lajitellulle kuivajätteelle. Suomessa muovin käsitteleminen agglomeraateiksi ei välttämättä ole taloudellinen vaihtoehto, mutta toisaalta prosessissa erotetaan ilman manuaalista vaihetta erilaisia materiaaleja kiertoon ja loput voidaan polttaa tai läjittää kaatopaikalle. Jäljelle jäävä kaatopaikalle läjitettävä jätevirta on noin 17 % prosessiin tulevasta jätevirrasta (DSD 2000).

6.2.2 Urban mill -konsepti

Metso Oyj on yhdessä VTT:n kanssa kehittänyt integroitua jätteiden hyödyntämiskonseptia, jossa pieni paperitehdas istutetaan lähelle paperin kuluttajia, jätteen tuottajia ja käsittelijöitä sekä energiantuotantoa. Säästöjä saadaan integroitumalla kaupunkiin ja

jakamalla tällöin kallis infrastruktuuri, kuten jätevedenpuhdistus ja energiantuotanto. Taustalla on myös paperintuottajien tarve käyttää yhä enemmän kierrätyskuitua paperinvalmistuksessa neitseellisen kuidun sijasta. Myös EU:n pakkausjätedirektiivin tiukentuvat kierrätysvaatimukset tulisi täytettyä entistä taloudellisemmin. Kuvissa 28 ja 29 on kuvattu Urban Mill -laitoksen integroitumista läheiseen kaupunkiin ja niitä synergioita, joita systeemistä saadaan. (Ristola 2001)

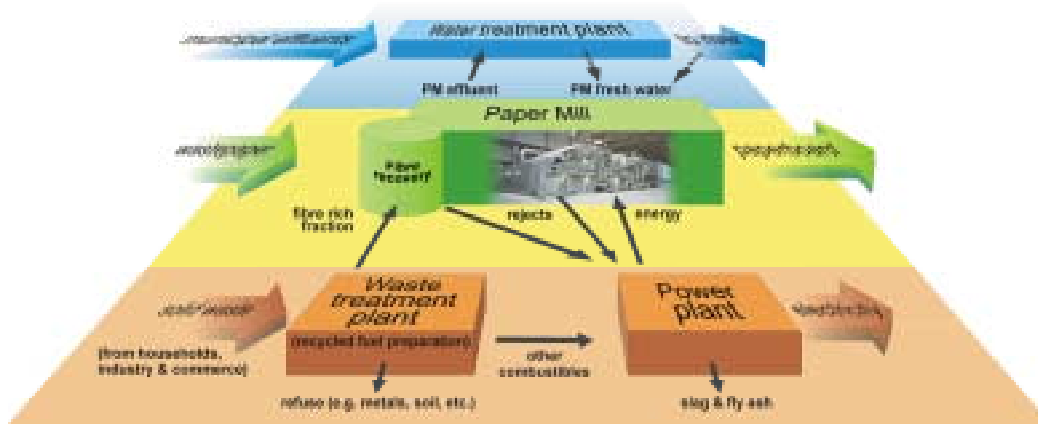
Integration of Energy production, Waste management and Urban Paper Mill



Kuva 28. Urban mill -konseptin integrointi (Metso Oyj).

Urban mill -konseptissa jätteenkäsittelyssä tulee jätteen/REF:n esikäsittely tehdä niin, että esikäsittelyn (REF:n valmistuksen) yhteydessä tehdään märkäsittely, jossa kuitu saadaan erotettua muusta jättejakeesta. Alkupäässä erotetaan metallinerottimella metalleja erikseen ja seulalla lasia kierrätykseen. Märkäsittelyssä raskaampi jae, joka sisältää lähinnä muovia ja puuta, ohjataan energiakäyttöön jätteenpolttolaitokselle tai rinnakkaispolttolaitokselle. Vastaavanlainen prosessi on Corenso Oy:llä käytössä sekä Porissa että Varkaudessa kotimaisten ja Saksasta DSD:ltä tuotujen nestepakkausten kierrätyksessä. Pulpperilla saadaan kuitu kierrätykseen hylsykartongiksi, PE-muovi kaasutetaan energiaksi ja ohkoalumiini kierrätetään metallisena.

Urban Mill metso
Principle

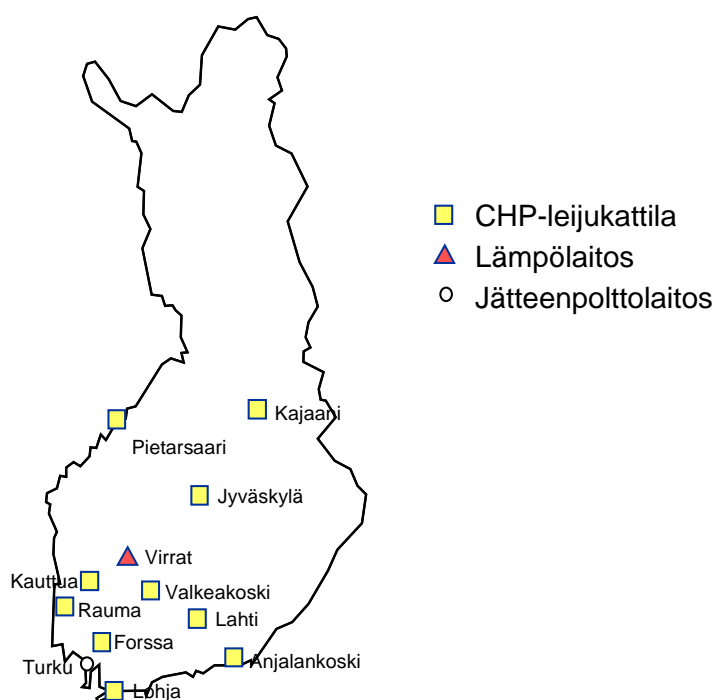


Kuva 29. Urban Mill -konseptin periaatekuva (Metso Oyj).

Urban Mill -prosessissa tavoitellaan saatavan talteen kierrätykseen soveltuvia materiaaleja, kunhan niiden erottelu ja puhdistus saadaan tehtyä nykyratkaisuja paremmin. Kuitu saadaan märkäerottelussa erotettua ja raskas jae (REF), joka sisältää lähinnä puuta ja muovia, erotetaan energiakäyttöön tai vaihtoehtoisesti kierrätykseen. Tällä tavalla saadun kierrätyspolttoaineen määrä on 30–60 p-% pienempi kuin normaalissa REF-laitoksessa, koska kuitu erotetaan kierrätykseen. Kierrätyspolttoaineen laatu on parempi, sillä vesierotuksessa erottuu vielä energiakäyttöön sopimattomia epäpuhtauksia. Nykyisten REF-laitosten kaatopaikoille menevän rejektin määrää pyritään siis vähentämään oleellisesti. Urban Mill -prosessi on vielä kehitysasteella ja ensimmäisten kaupallisten laitosten on arvioitu voivan käynnistyä kehitystyön onnistuessa parin vuoden kuluessa.

7. Jätteiden energiakäyttötekniikat

Vuonna 1999 kierrätyspolttoaineita ja tehtaiden tuotantojätteitä hyödynnettiin energiana Suomessa yhteensä noin 300 000–400 000 t/a. Kuvassa 30 on esitetty tällä hetkellä kierrätyspolttoaineita ja tuotantojätteitä polttavat laitokset. Mukana on myös Turun jätteenpolttolaitos, muut voimalaitokset ovat jätteitä rinnakkaispolttavia laitoksia.



Kuva 30. Kierrätyspolttoaineita ja jätteitä vuonna 2000 polttavat laitokset (Suomen ympäristökeskus, VTT Energia).

Jätteenpolttodirektiivi tulee rajaamaan pienten laitosten kiinnostusta rinnakkaispolttaa REF:iä tulevaisuudessa. Jätteenpolttodirektiivi edellyttää kaikilta rinnakkaispolttolaitoksilta kokoon katsomatta samat mittausvelvoitteet, mikä kustannussyistä vähentää pienten lämpölaitosten kiinnostusta seospolttaa kierrätyspolttoaineita. Lisäksi pienten lämpölaitosten ympäristölupien päästöluvut tiukentuvat ja laitoksille tulee uusia seurattavia päästökomponeentteja, jos laitos jatkaa kierrätyspolttoaineiden käyttöä vuoden 2005 jälkeen. Tämän vuoksi käyttö pienellä osuudella pienissä lämpölaitoksissa tulee todennäköisesti loppumaan vuoden 2005 jälkeen kokonaan.

Osa nykyisistä CHP-rinnakkaispolttolaitoksista voi jatkaa jätteenpolttodirektiivin tultua voimaan hyvälaatuisen REF I:n rinnakkaispolttoa ilman suuria lisäinvestointeja. Osa laitoksista tosin joutuu tällöin parantamaan savukaasunpuhdistustaan ja jätteen syöttöä. Kotitalousjätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen rinnakkaispoltto olemassa olevissa voimalaitoksissa tulee varmasti vähenemään tulevaisuudessa tiukentuvien päästönormien sekä käytettävyysohjelmien takia.

Uusien laitosten suunnittelussa voidaan kierrätyspolttoaineiden käyttö ottaa huomioon, jolloin laitos voidaan valmiiksi mitoittaa vastaanottamaan tietyn laatuluokan REF:iä. Vaihtoehtoina voivat olla seospoltto, 100 %:n REF-kattila tai REF-kaasutin yhdistettynä kattilaan.

Jätteenpolttodirektiivin mukaan voivat metsäteollisuuden kattilat tulevaisuudessakin polttaa omat jätevesilietteensä ja kuitulietteensä omassa kattilassaan ilman jätteenpolttodirektiivin velvoitteita. Useat metsäteollisuuden monipolttoainekattilat polttavat nykyisin myös ulkopuolelta toimitettua kierrätyspolttoainetta. Vielä ei tiedetä, otetaanko näihin laitoksiin vastaan ulkopuolista hyvälaatuista kierrätyspolttoainetta vuoden 2005 jälkeen. Kotitalousjätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineiden markkinointi tällaisiin kattiloihin tulee kuitenkin olemaan vaikeaa.

Se miten tehtaiden oma tuotantojäte ja sen rinnakkaispolttaminen tulkitaan, on vielä auki. Selvää on kuitenkin se, että seuraavina vuosina tehdään metsäteollisuudessa tarvittavat linjaukset. Osassa laitoksista tarvitaan vain pieniä lisäinvestointeja savukaasunpuhdistukseen, joten niissä voi olla järkevää jatkaa sekä ulkopuolisen kierrätyspolttoaineen että oman tuotantojätteen polttamista jätteenpolttodirektiivin tultua voimaan. Yhtenä mahdollisuutena on, että metsäteollisuus keskittää omat tuotanto- ja muut jätteensä muutamaun metsäteollisuuden omistamaan kattilaan, joissa jätteet poltetaan direktiivin alaisuudessa. Kolmantena vaihtoehtona voi olla se, että metsäteollisuus ulkoistaa kaikki jätejakeensa muualle poltettavaksi esimerkiksi yhdyskuntien CHP- tai lämpölaitoksiin yhdessä kunnan muiden jätejakeiden kanssa. Kaupunkien kierrätyspolttoaineita käyttävien uusien CHP-voimaloiden rakentamista jarruttaa vapaiden kaukolämpökuormien puute, jolloin REF:n vastaanottomaksu pelkässä sähkön tuotannossa voi nousta huomattavaksi.

7.1 Suora rinnakkaispoltto

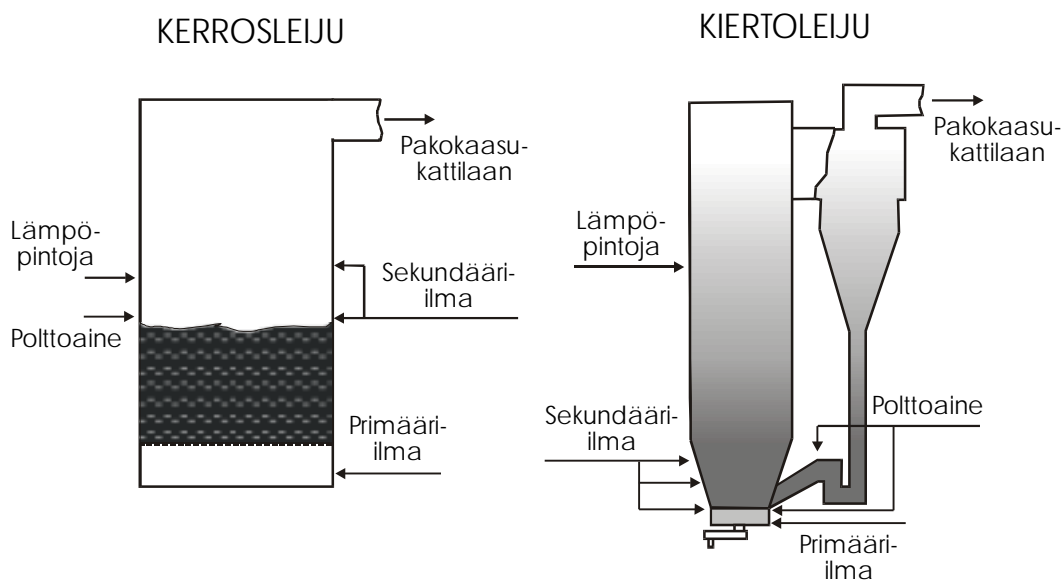
Hyvälaatuista kierrätyspolttoainetta on teknisesti mahdollista polttaa sekoitettuna pääpolttoaineiden kanssa arina- ja leijukerroskattiloissa. Kierrätyspolttoaineen syötön tulee olla tasaista ja savukaasunpuhdistuksessa on varauduttava jätteen sisältämiin pääpolttoainetta suurempiin epäpuhtauspitoisuuksiin (esim. Hg, HCl).

7.1.1 Leijukattilat

Suomessa yhdyskuntien ja teollisuuden CHP-kattilat ovat suurimmaksi osaksi leijukerroskattiloita. Leijukattiloita on myös toimitettu kaukolämpökattiloiksi. Leijukerroskattilat ovat syrjäyttäneet Suomessa arinakattilat yli 15–20 MW:n polttoainetehoilla, koska

leijukerroskattilat sallivat suuria polttoaineen laadun vaihteluita. Leijupoltto soveltuu erityisen hyvin huonolaatuisille ja kosteille polttoaineille. (Raiko *et al.* 1995)

Leijupoltto voidaan toteuttaa kuplivassa leijukerroksessa (kerrosleiju) tai kiertoleijukerroksessa (kiertoleiju) (kuva 31). Kuplivassa leijukerroksessa hiukkaset pysyvät leijukerroksessa, kun taas kiertoleijussa kiintoainehiukkaset kulkevat leijutuskaasun mukana pois leijutustilasta ja ne palautetaan syklonin kautta takaisin tulipesään. Leijupoltossa leijukerroksen lämpötila vaihtelee 750–950 °C, ylärajana on tuhkan pehmenemispiste. (Raiko *et al.* 1995)



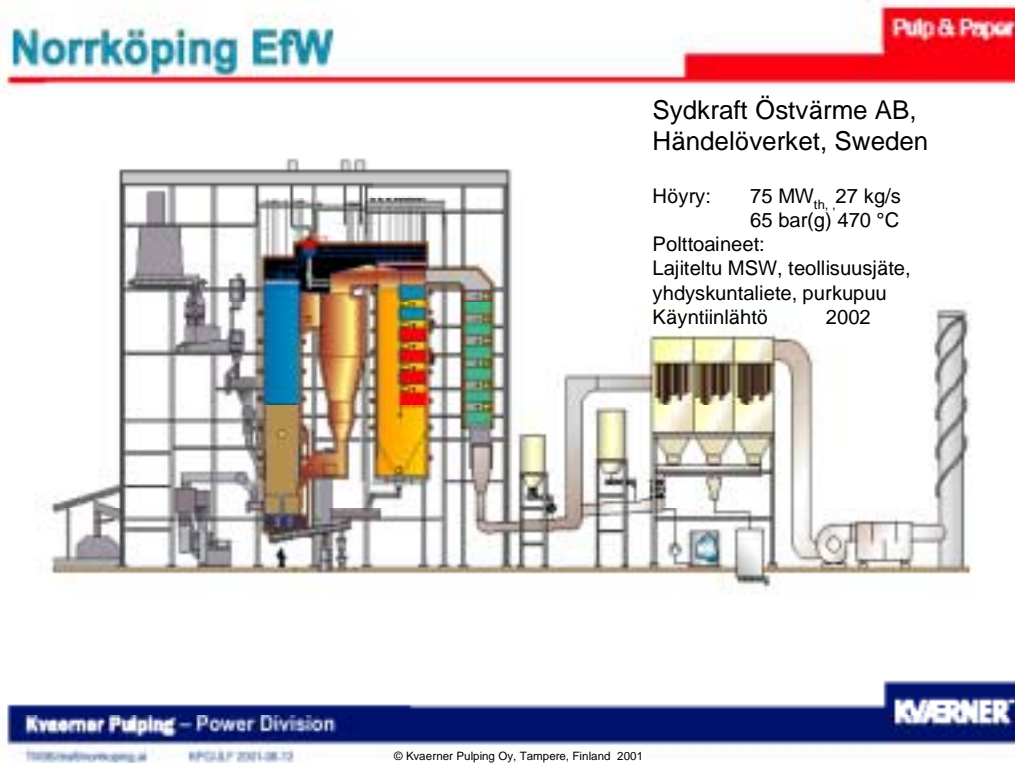
Kuva 31. Kerrosleiju- ja kiertoleijukattilan toimintaperiaatteet. (Raiko *et al.* 1995)

Kuplivassa leijupoltossa leijutusmateriaalin keskikoko on noin 1 mm ja leijutusnopeus 1–3 m/s. Polttoilmasta kerrosleijupoltossa tuodaan tyypillisesti vain noin puolet leijutusarinan kautta, loppuosa tuodaan jälkipalotilaan sekundääri- ja tertiääri-ilmana. Kiertoleijupoltossa leijutusmateriaalin keskikoko on alle 0,5 mm ja leijutusnopeus on tyypillisesti 8–10 m/s. (Raiko *et al.* 1995)

Leijupolton etuja ovat alhaisesta lämpötilasta johtuvat pienet typpipäästöt, mahdollisuus rikkipäästöjen vähentämiseen syöttämällä kalkkia petiin ja korkea palamishyötysuhde (alhaiset CO- ja C_xH_y -päästöt). Normaalit CHP-leijukattilat on Suomessa varustettu yleensä syklonilla ja/tai sähkösuotimella ja joskus lämmön talteenottopesurilla. Tulevaisuudessa voidaan siirtyä letkusuodattimiin hiukkaspäästövaatimusten kiristyessä.

Kierrätyspolttoaineiden käyttö voimakattiloissa huonontaa usein kattiloiden käytettävyyttä. Korkeat höyryn arvot (yleensä > 500 °C) lisäävät kuumakorroosioriskiä. Rinakkaispoltettaessa kierrätyspolttoaineita olemassa olevissa kattiloissa tulee materiaa-

lien kuumakorrosioriskin vuoksi polttoaineen klooripitoisuuden olla alle 0,5 m-%, usein jopa alle 0,1 m-%, riippuen määrästä ja muista polttoaineista. Polttoaineen rikin ja kloorin suhteen tulisi olla korrosio-ongelmien välttämiseksi yli kahden, mutta yleensä se REF III:lla on noin 0,1–0,7 (Kinni 2001). Tulistinten elinikää voidaan pidentää vuodesta jopa kymmeneen vuoteen vaihtamalla perinteiset materiaalit paremmiksi ja kaliumiksi. Kuvassa 32 on esitetty Kvaernerin Norrköpingiin Ruotsiin toimittama uusi CFB-leijukerroskattila, jossa tullaan polttamaan erityyppisiä kierrätyspolttoaineita.



Kuva 32. Kierrätyspolttoaineiden poltto CFB-leijukattilassa, Norrköping, Kvaerner.

Uusinvestointeja tehtäessä on järkevää miettiä kierrätyspolttoaineiden sisällyttämistä laitoksen polttoainevalikoimaan, sillä uusinvestoinnissa varautuminen savukaasunpuhdistuslaitteiston tiettyihin lisäinvestointeihin tai materiaalivalintoihin ei ole suuri, ja toisaalta uusille laitoksille tulee jo LCP-direktiivin (Large Combustion Plant) myötä tulevaisuudessa rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten osalta lähes samat raja-arvot kuin jätteenpolttodirektiivissä. REF:n valmistustekniikassa ja sen toteutuksessa on vielä kehitystarpeita, jotta kattiloiden lisäinvestoinnit ja -huoltokulut olisivat mahdollisimman pienet. Jatkossa REF-asemia tultaneen rakentamaan myös CHP-voimaloiden tonteille, ja tämä mahdollistaa merkittäviä kustannussäästöjä.

7.1.2 Arinakattilat

Suomessa arinakattiloita on toimitettu polttoaineteholtaan noin 80 MW:iin asti. Arinakattiloita käytetään eniten lämpöteholtaan alle 5 MW:n kokoluokassa kotimaisilla kiinteillä polttoaineilla. Kierrätyspolttoaineiden poltto pienissä lämpölaitoksissa on helppoa, sillä höyryn arvot ovat alhaisemmat eikä kuumakorroosioriskiä ole. Erityishuomio kohdistuu lähinnä savukaasupäästöjen puhdistukseen (EU:n jätteenpolttodirektiivin päästörajat ja sen tuomat kustannukset).

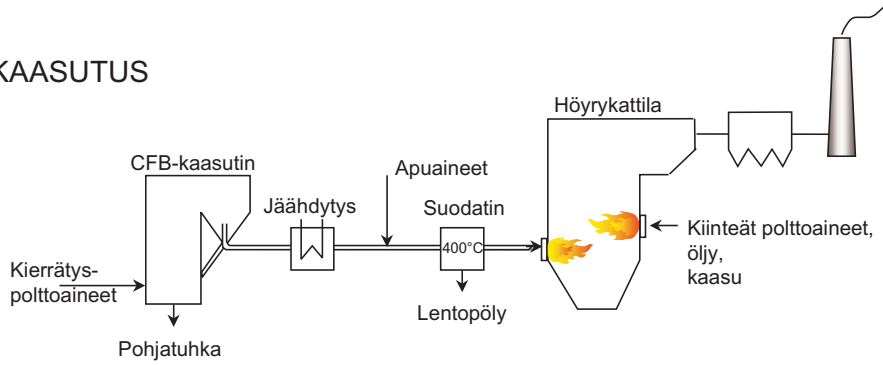
Pääasialliset kiinteät polttoaineet, joita arinakattiloissa poltetaan, ovat hiili, biopolttoaineet ja turve. Lisäksi poltetaan yhdyskuntajätteitä, lietteitä ja muita jätteitä joko erikseen tai yhdessä pääpolttoaineen kanssa. Tyypillisimmät arinat ovat kiinteä tasoarina, kiinteä viistoarina, ketjuarina sekä mekaaninen viistoarina. Arinat eroavat toisistaan arinamateriaalin jäädytystavan osalta; pienet arinat ovat useimmiten ilmajäädytteisiä ja suuret arinat pääsääntöisesti vesijäädytteisiä. Primääri-ilma syötetään arinan alta ja sekundääri- ja mahdollisesti tertiääri-ilmalla poltetaan polttoainekerroksessa haihtuneet palamis-kelpoiset kaasut. (Raiko *et al.* 1995)

Koska kierrätyspolttoaineen laatu ja määrä vaihtelevat, asettaa tämä vaatimuksia polttoaineen syötölle. Usein pienet arinakattilat on nykyisin varustettu syklonilla tai sähkösuodattimella, joskus lämmön talteenottopesurilla.

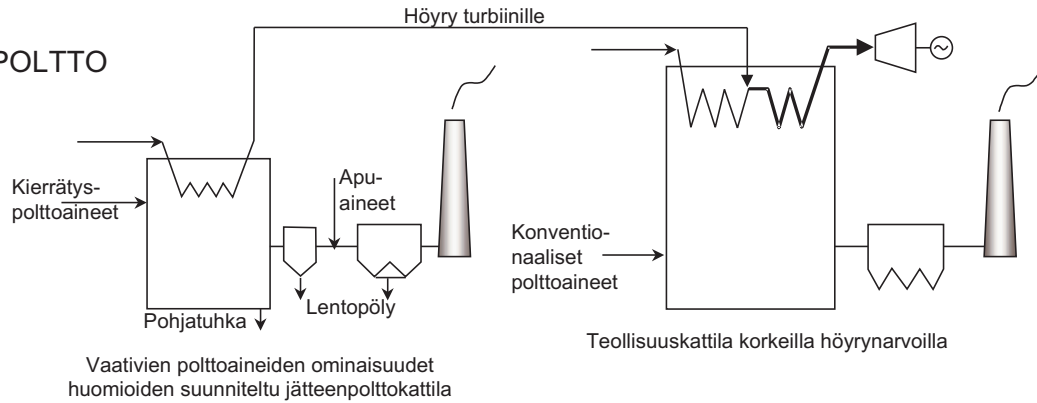
7.2 Epäsuora rinnakkaispoltto

Kun halutaan syöttää kierrätyspolttoaineita hiilipölykattilaan, maakaasukattilaan tai -turbiniin, kierrätyspolttoaine on ensin kaasutettava. Kaasutuksen tuotekaasu voidaan puhdistaa epäpuhtauksista ennen kaasun syöttöä kattilaan, jolloin pääkattilan käytettävyys ei huonone. Tällainen ratkaisu soveltuu myös kiinteän polttoaineen leijukerroskattiloiden yhteyteen etenkin silloin, kun halutaan varmistaa pääkattilan häiriötön käyttö. Toinen vaihtoehto kierrätyspolttoaineiden rinnakkaispolttoon on kierrätyspolttoaineiden polttaminen erillisessä kattilassa, jonka höyrypiiri on kytketty pääkattilan höyrypiiriin. Erillinen REF-kattila olisi vaativien polttoaineiden ominaisuudet huomioon ottaen suunniteltu jätteenpolttokattila. Sekä kaasutus- että polttovaihtoehtojen yksinkertaistetut virtauskaaviot on esitetty kuvassa 33 (Mäkinen *et al.* 2000).

KAASUTUS

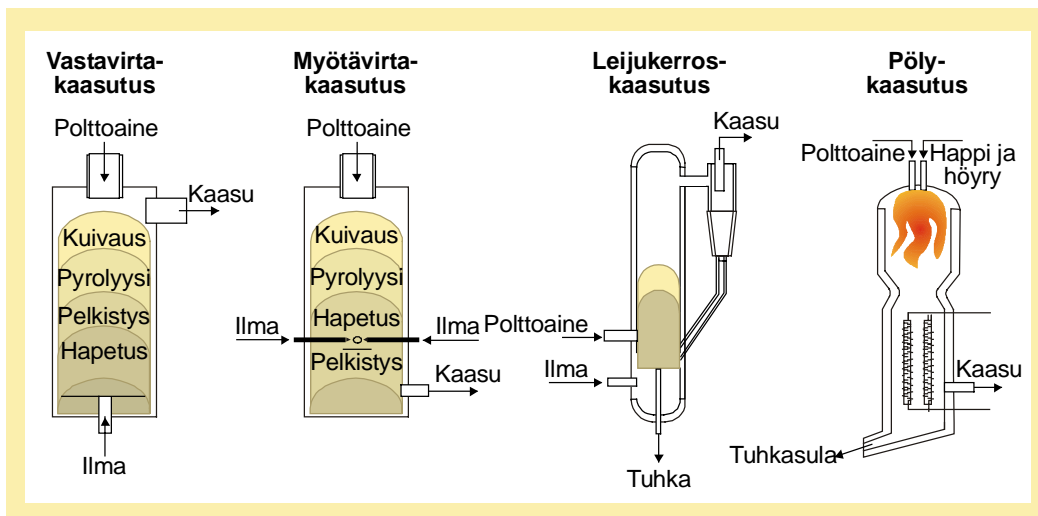


POLTTO



Kuva 33. Prosessivaihtoehdot jätteen epäsuoralle rinnakkaispoltolle. (Mäkinen et al. 2000)

Kaasuttimen polttoainetehosta riippuen kaasutin perustuisi joko kiinteäkerros-, kierto-leiju- tai kerrosleijutekniikkaan. Kiertoleijukaasuttimen kapasiteetti on tyypillisesti välillä 40–100 MW_{pa} ja kerrosleijukaasuttimen 15–40 MW_{pa}. Kiinteäkerroskaasutustekniikkaa on mahdollista käyttää pienemmissä kokoluokissa (alle 15 MW_{pa}). Eri kaasutustekniikoiden toimintaperiaatteet on esitetty kuvassa 34.



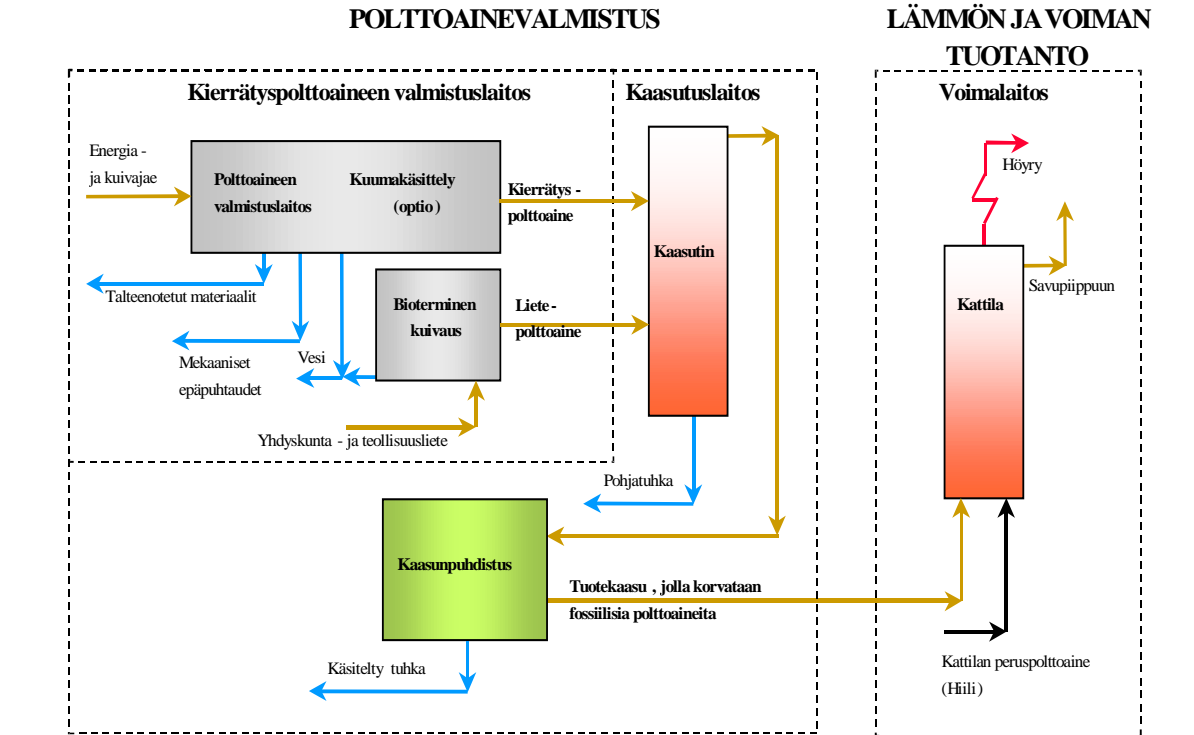
Kuva 34. Kaasutusreaktorityypit ja niiden toimintaperiaatteet (VTT Energia 1999).

Kiinteäkerroskaasutuksessa erotetaan vastavirta- ja myötavirtakaasutus. Myös näiden perusmenetelmien yhdistelmiä on kehitetty. Perinteiset kiinteäkerroskaasuttimet soveltuvat vain palamaisille polttoaineille, kuten puuhakkeelle tai palaturpeelle. Vastavirtakaasutusta on käytetty useissa kaupallisissa sovelluksissa. Suomessa parhaiten tunnettu on Bioneer-vastavirtakaasutin, joka on ollut kaupallisessa käytössä jo 1980-luvun alkupuolelta lähtien. Condens Oy ja VTT Energia ovat kehittäneet uudentyyppisen Novel-kiinteäkerroskaasuttimen, joka perustuu pakkotoimiseen polttoaineen syöttöön, vastavirtaperiaatteella toimivaan kaasuttimen alaosaan ja sen yläpuolisessa tilassa tapahtuvaan kaasun krakkaukseen. Novel-kaasutin soveltuu myös hienoainesta sisältäville keveille polttoaineille, kuten sahanpurulle, metsätähdemurskeelle ja REF:lle. Prosessin kehitystyö on toteutettu VTT Energian ja Condens Oy:n VTT:n tiloissa Otaniemessä sijaitsevalla 400 kW:n pilottilaitoksella. (Kurkela 2001)

Leijukerroskaasutuksessa kiinteän polttoaineen kaasuuntuminen tapahtuu kuumassa ilman leijuttamassa hiekka-, tuhka- tai hiilikerroksessa, jossa polttoaine lämpenee ja pyrolysoituu nopeasti. Leijukaasuttimia on kahta päätyyppiä: kerrosleiju (BFB)- ja kiertoleiju (CFB)-kaasutin. Toistaiseksi menestyksekkäin CFB-kaasuttimien toimittaja on ollut Suomessa toimiva Foster Wheeler Energia Oy, joka on toimittanut mm. Lahden Lämpövoima Oy:n Kymijärven voimalaitoksen 50 MW:n kaasuttimen. Foster Wheeler Energia Oy on panostanut lähinnä CFB-kaasutustekniikan kehittämiseen, mutta on lisäksi toimittanut Corenso Oy:lle muovirejektin kaasutukseen BFB-kaasuttimen (40 MW_{th}). Belgiaan yhtiö toimittaa Lahden Kymijärven laitoksen kaltaista yksikköä. Carbona Oy:llä on oikeudet 1970–1980-luvuilla USA:ssa kehitettyyn U-GAS-leijukerroskaasutusprosessiin (BFB). Carbonan edeltäjä Enviropower teki 1990-luvulla laajoja koesarjoja eri polttoaineilla, mm. puupolttoaineilla, Tampereella sijaitsevassa 18 MW:n pilottilaitoksessa.

Vapo Oy ja Pohjolan Voima Oy (PVO) kehittävät yhdessä VTT Energian kanssa leijukerroskaasutukseen ja kaasun suodatukseen perustuvaa prosessia kierrätyspolttoaineiden energiakäyttöön (Vapo Oy Biotech 2000). Konseptilla (kuva 35) voidaan saavuttaa merkittävä kasvihuonekaasujen päästövähennys kivihiilikattiloissa. Sama noin 40 %:n CO₂-päästöjen vähennys kuin vaihtamalla hiili maakaasuksi, voidaan laskennallisesti saavuttaa korvaamalla 25 % hiilestä REF:llä huomioimalla myös vastaava kaatopaikkametaanin muodostumisen vähentyminen orgaanisesta materiaalista kaatopaikalla (Vesanto 2001).

Kierrätyspolttoaineiden hyödyntäminen kaasutuksen avulla



1

KNi

Kuva 35. Kierrätyspolttoaineiden hyödyntäminen kaasutuksen avulla (Pohjolan Voima Oy ja Vapo Oy).

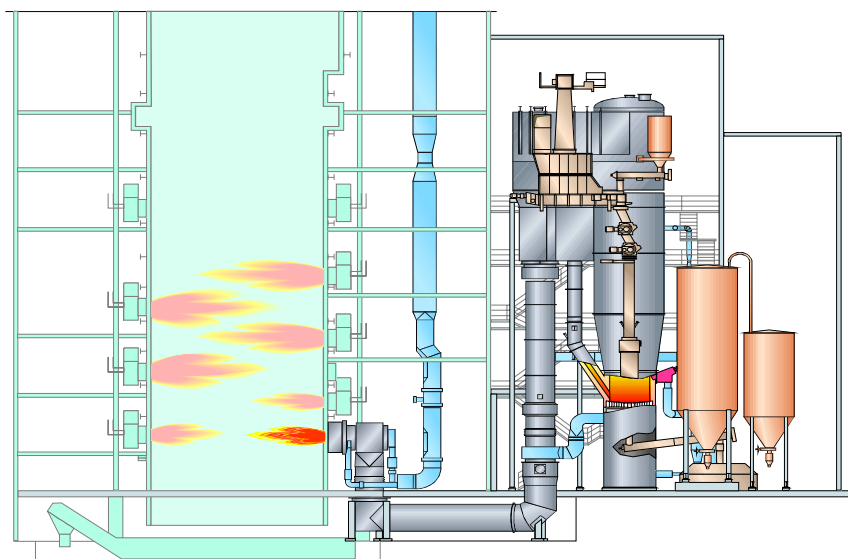
Kaasutuksen tuotekaasua voidaan käyttää polttoaineena kiinteän polttoaineen kattilassa, kaasu- tai öljykattilassa tai kaasuturbiinissa. Kaasutuskaasun käyttö olemassa olevassa kaasuturbiinissa, jossa ei ole varauduttu kaasutuskaasun käyttöön, on kuitenkin teknisesti vaikeampi toteuttaa kuin kaasutuskaasun käyttö olemassa olevassa kiinteän polttoaineen kattilassa.

Rinnakkaispolton kaasutusratkaisuissa on olennaista kaasun puhdistaminen kaikesta kiintoaineesta ja epäpuhtauksista, jotta kierrätyspolttoaineiden käyttö ei aiheuttaisi teknisiä riskejä kaasun käyttökohteina olevissa pääkattiloissa. Esimerkiksi REF:n kaasutuksen lentotuhka saadaan pohjatuhkan lisäksi erilleen pääkattiloiden tuhkasta kaasuttimen jälkeisellä hiukkaserottimella.

Kun REF:n klooripitoisuus on pieni (alle 0,1 paino-%), kaasutuksen tuotekaasu voidaan polttaa suoraan kiinteän polttoaineen kattilassa. Esimerkkinä tällaisesta ratkaisusta on

Lahden Lämpövoima Oy:n Kymijärven voimalaitoksen kaasutin (kuva 36) (Palonen *et al.* 1998). Ratkaisu on yksinkertainen ja halpa (polttoaineteholtaan 50 MW olevan laitoksen investointikustannukset olivat noin 65 Mmk). Kaasutuskaasun polttimet sijaitsevat hiilipolttimien alapuolella, joten kaasutuskaasun polton savukaasut kulkevat kuumien hiil liekkiä läpi. Koska kaasutuskaasun lämpöarvolle ei ole tiukkoja vaatimuksia, polttoaine voi olla kostea (kosteus 20–70 %). Ratkaisua ei suositella polttoaineille, jotka sisältävät runsaasti alkaleja, klooria tai alumiinia (pitoisuudet yli 0,15 paino-%). Kuumen, kondensoituvia yhdisteitä sisältävän kaasutuskaasun siirto ja jakelu on hankalaa, joten kaasuttimen pitää olla kattilan välittömässä läheisyydessä (etäisyys alle 100 m).

CFB BIOMASS GASIFIER 40 - 70 MW/th

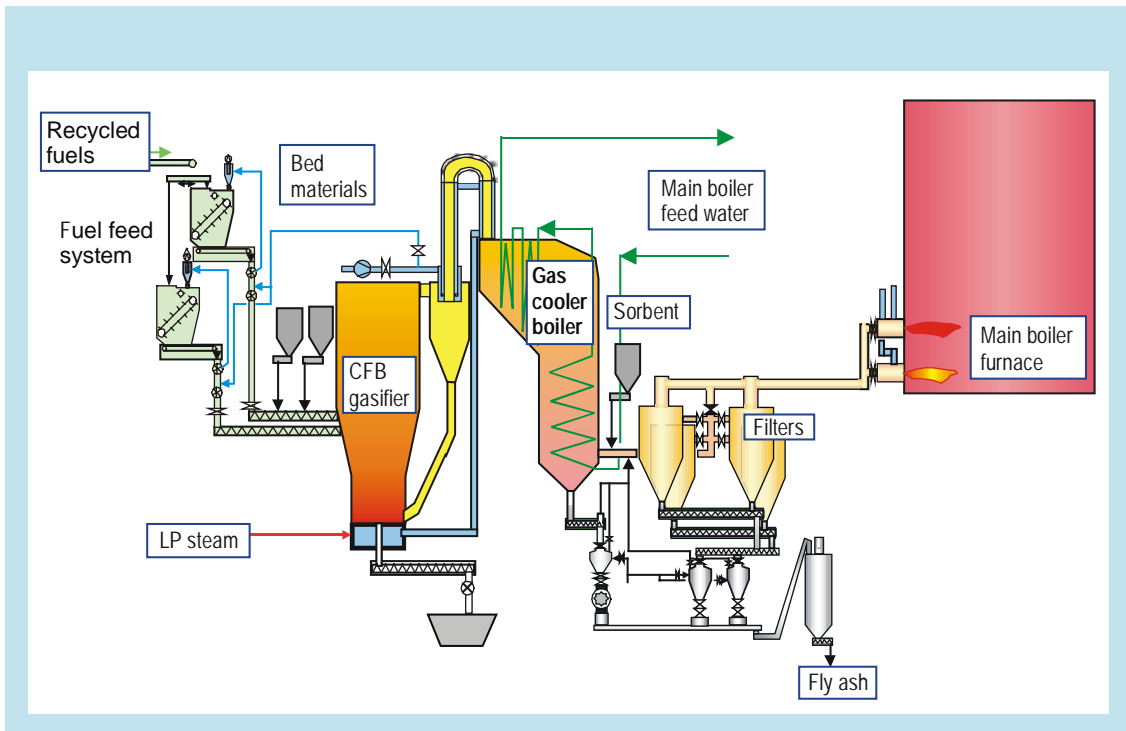


Kuva 36. Hiilipölykattilaan kytketty kaasutin Lahden Lämpövoima Oy:n Kymijärven voimalaitoksella, Foster Wheeler (Kivelä *et al.* 2002).

Kun REF:n klooripitoisuus on korkeampi (0,9–1,0 paino-%), tarvitaan kaasun puhdistus ennen kaasun polttoa kiinteän polttoaineen kattilassa. Kaasun jäädytyksellä ja suodatuksella saadaan pöly poistetuksi täydellisesti, ja pääosa raskasmetalleista, alkaleista ja kloorista poistuu pölyn mukana. Tämän kaasutuskytkennän virtauskaavio on esitetty kuvassa 37. Kloorin ja raskasmetallien puhdistusta voidaan tehostaa kalkin ja aktiivihiilen ruiskutuksella kaasuvirtaan ennen suodatusta, jolloin on mahdollista päästä yli 90 %:n erotusasteeseen. Vastaava puhdistustekniikka savukaasuille – joka ei kuitenkaan sellaisenaan sovi kaasutuskaasulle – on yleisesti käytössä Euroopassa jätteenpolttolaitoksissa. VTT Energiassa on käynnissä useita tutkimus- ja kehityshankkeita liittyen REF III:n kaasutukseen ja kaasun puhdistukseen. Tekniikan voidaan arvioida olevan valmis demonstroitavaksi vuoden 2002 aikana. Jätteenpolttodirektiivin rajoitukset pää-

kattilan tyyppi- ja rikkipäästöjen rajaamiseksi voivat lisätä kaasutustekniikan kustannuksia, koska hiilikattilan puhdistinlaitteistot vaativat tapauskohtaisesti lisäinvestointeja ennen LCP-direktiivin voimaantuloa vanhoissa kattiloissa.

Haluttaessa voidaan kaasutuskaasun puhdistukseen vielä lisätä kalliimpi vesipesuri, jossa poistetaan myös ammoniakki ja loput muista epäpuhtauksista. Esimerkkinä tällaisesta ratkaisusta on EPZ:n laitos Hollannissa. Kokemukset Lahden laitokselta tosin osoittavat, että ammoniakin poisto kaasutuskaasusta ei ole välttämätöntä, vaan itse asiassa kaasutuskaasun käyttö on alentanut hiilikattilan NO_x-päästöjä. Vesipesun jälkeinen puhdas ja viileä (35 °C) kaasu on helposti kuljetettavissa ja voidaan polttaa kattilassa ilman riskejä. Lisäksi kaasu soveltuu kaasuturbiinikäyttöön. Toisaalta kaasunpuhdistus lisää investointikustannuksia. Lisäksi polttoaineen on oltava melko kuivaa (kosteus alle 25 paino-%), jotta kaasun lämpöarvo on riittävän korkea palamiselle.

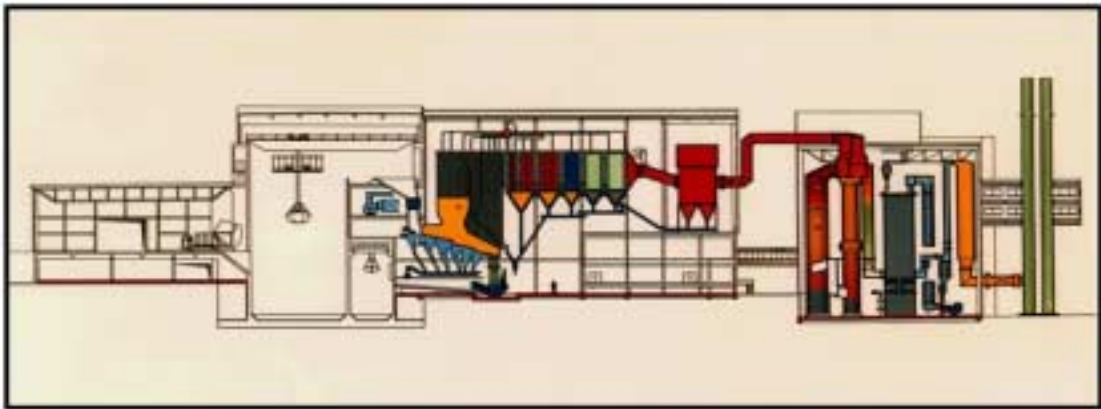


Kuva 37. Kierrätyspolttoaineen kaasutus ja kaasun puhdistus suodatuksella yhdistettynä olemassa olevaan kattilaan, Foster Wheeler Energia Oy.

7.3 Jätteenpolttolaitokset

7.3.1 Perinteiset massapolttolaitokset

Keski-Euroopassa on jo pitkään poltettu jätteitä perinteisissä massapolttolaitoksissa. Perinteisiä massapolttolaitoksia on Suomessa vain Turun jätteenpolttolaitos. Perinteisistä massapolttolaitoksista on esimerkki kuvassa 38, jossa on esitetty Babcockin kehittämä jätteenpolttolaitos.



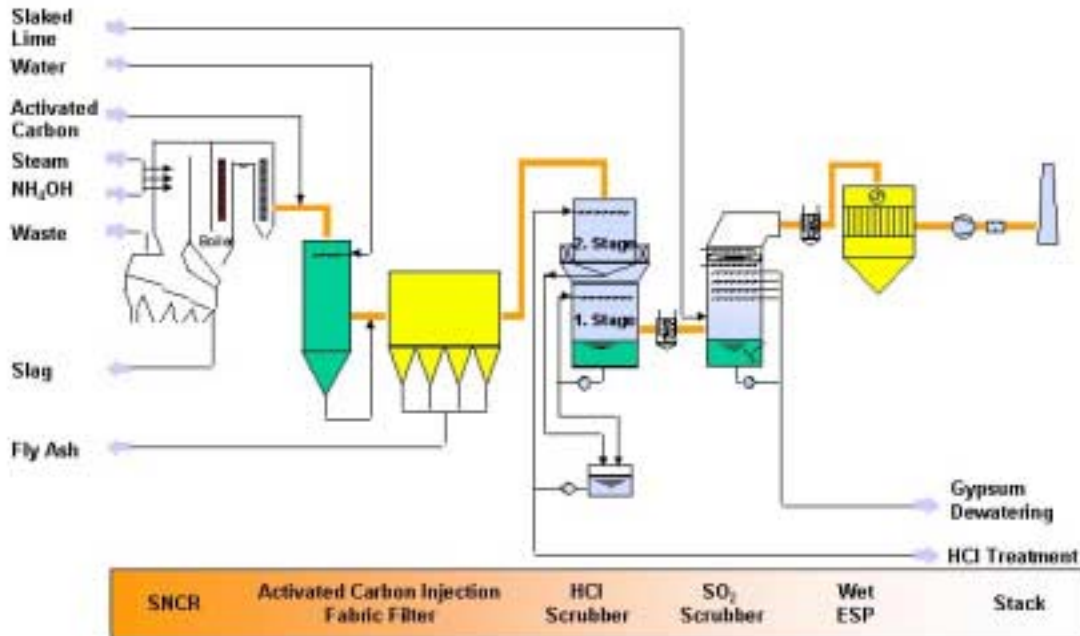
Kuva 38. Perinteiseen arinapolttotekniikkaan perustuva jätteenpolttolaitos (Babcock Borsig Austrian Energy 2001).

Arinapolttotekniikkaa on pidetty massapolttolaitoksille järkevänä, koska se ei ole riipuvainen polttoaineen laadusta. Jätettä ei tarvitse yleensä esikäsitellä, vaan se voidaan syöttää yleensä tulipesään sellaisenaan. Käyttökustannukset ovat yleensä kohtuulliset, suurena kustannuksena tietysti laajamittainen savukaasunpuhdistus, joka lisää myös investointikustannuksia. Arina voi olla joko pyörivä tai edestakaisin liikkuva arina. Uusimmissa laitoksissa on yleensä mahdollisuus arinan vesijähdytykseen, jolla parannetaan polton stabiilisuutta. Myös tuhka voidaan haluttaessa käsitellä esim. vitrifioimalla tai pesemällä.

Savukaasunpuhdistukseen voidaan käyttää erilaisia vaihtoehtoja: joko sähkö- tai kuitusuodatinta, puolikuivaan kalkin syöttöön tai pesuriin perustuvia happamien kaasujen vähentämistä, kalkin tai aktiivihiilen absorptiota dioksiinien ja HCl:n poistamiseksi savukaasuista, katalyyttejä dioksiinien poistamiseksi tai typen oksidien vähentämiseksi. Kuvassa 39 on esimerkinomainen tyypillinen keski-eurooppalaisen jätteenpolttolaitoksen savukaasunpuhdistuslaitteisto, jolla alitetaan jätteenpolttodirektiivin raja-arvot. (Babcock-Borsig Austrian Energy 2001)

Perinteisesti massapolttolaitosten pohjatuuhkaa on käytetty maanteiden pohjarakenteissa tai muussa hyötykäytössä. Lentotuhka sisältää yleensä niin paljon haitallisia raskasme-

talleja ja muita haitta-aineita, että se tulee käsitellä vitrifioimalla tai stabiloimalla ennen läjitystä kaatopaikalle.



Kuva 39. Tyypillinen jätteen massapolttolaitoksen savukaasunpuhdistusjärjestelmä Keski-Euroopassa. (Babcock-Borsig Power Austrian Energy 2001)

Tyypilliset Keski-Euroopan massapolttolaitokset tuottavat vain sähköä, sillä lämpökuorman tarvetta ei useinkaan ole. Tyypillisesti massapolttolaitosten sähköntuotannon hyötysuhteet ovat noin 10–20 %. Yleensä höyryn arvot ovat luokkaa 380–440 °C. Ruotsissa käytössä olevat massapolttolaitokset (21 kpl) tuottavat kaikki pelkästään lämpöä.

7.3.2 Leijukattilat REF/RDF:lle

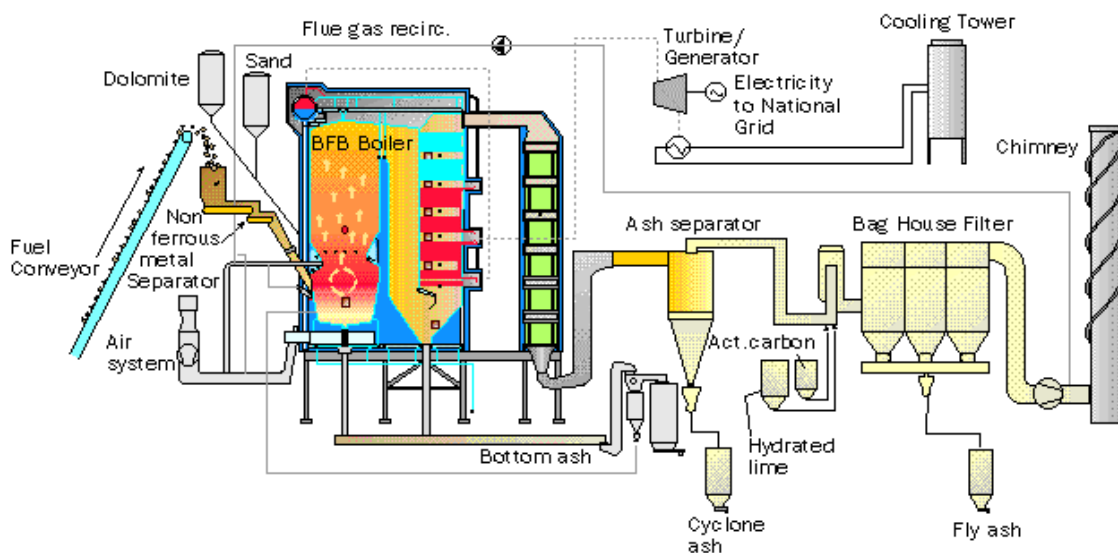
Leijukerrostekniikkaan perustuvia jätteenpolttokattiloita on toiminnassa eri puolilla Eurooppaa. Foster Wheeler toimitti Högdaleniin Tukholmaan leijukerrostekniikkaan perustuvan 97 MW_{th}:n jätteenpolttolaitoksen vuonna 2000. Kvaerner EnviroPower on toimittanut useamman leijukerrostekniikkaan perustuvan jätteenpolttokattilan mm. Lidköpingiin Ruotsiin, Dundeehen Skotlantiin ja Sogamaan Espanjaan.

Leijukerros poltto voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: kuplivassa leijukerrossa (kerrosleiju) ja kiertoleijukerrossa (kiertoleiju). Kerrosleijukattiloissa leijutusilman nopeus valitaan niin, että polttoaine ja petimateriaali muodostavat tulipesään leijukerrosken. Kiertoleijukattiloissa ilman nopeus on valittu niin suureksi, että petimateriaali ja

palamaton polttoaine menevät kaasuvirran mukana tulipesän jälkeiseen sykloniin, jossa ne erotetaan savukaasuista ja palautetaan petiin. Tekniikat on kuvattu tarkemmin luvussa 7.1.1.

Leijukerrostekniikalla voidaan tehokkaan sekoittumisen ja matalan palamislämpötilan avulla päästä pienempiin CO-, hiilivety- ja NO_x-päästöihin kuin esimerkiksi pölypoltossa. Leijukerroskattilan käyttö jätteenpoltossa edellyttää kuitenkin jätteen esikäsittelyä. Kiertoleijukattila vaatii alle 60 mm:n palakoon ja kerrosleijukattila alle 300 mm:n palakoon.

Kuvassa 40 on Kvaerner Pulpingin vuonna 1999 Skotlantiin toimittama Dundee Energy Recycling Ltd:n (DERL) leijukerroskattilaaan perustuvan jätteenpolttolaitoksen virtauskaavio (Tegneman 1999). Dundeessa on kaksi 17 MW_{th} leijukerroskattilaa.



Kuva 40. Leijukerrostekniikkaan perustuva 100 %:n jätteenpolttolaitos (RDF), Dundee, Skotlanti, Kvaerner Pulping Oy.

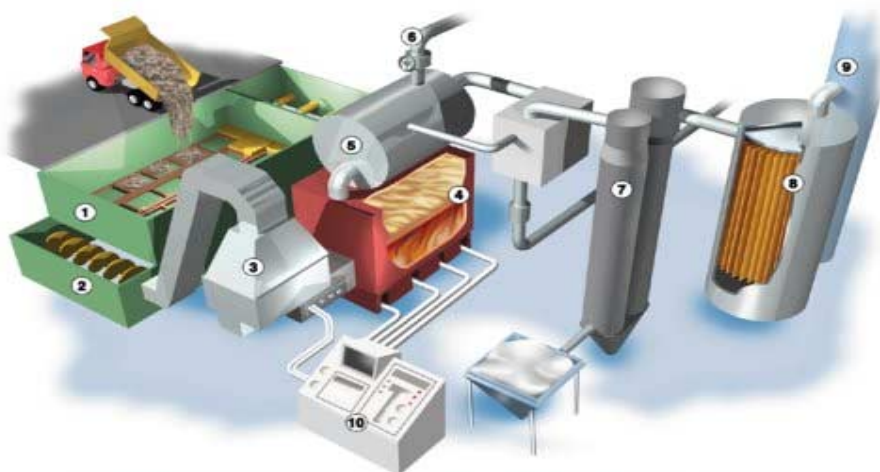
Kuten muidenkin valmistajien uudet jätteenpolttolaitokset, on Dundeen laitos suunniteltu niin, että vältetään kloorin, raskasmetallien ja rikin aiheuttamaa korroosiota lämpöpinnoilla (advanced combustion zone). Höyryn arvot ovat tyypillisellä jätteenpolttolaitoksella 400 °C ja 40 bar. Tulistimien korroosiota vältetään niiden sijoittelulla tyhjän jäähtymisvyöhykkeen jälkeen, jolloin savukaasu puhdistuu ennen konvektiopintoja. Eri valmistajilla on käytössä erilaisia erikoisrakenteita höyryn lopputulistuksen toteuttamiseksi.

Savukaasunpuhdistuslaitteistoon kuuluu sykloni ja kuitusuodattimet. Kalkkia ja aktiivihiiltä voidaan injektoida ennen kuitusuodattimia. Laitoksessa on myös mahdollisuus syöttää ammoniakkia tulipesään ja vähentää NO_x-päästöjä. Lisäksi petiin voidaan tarvittaessa syöttää dolomiittia tai kalkkia vähentämään happamien kaasujen päästöjä.

7.3.3 Energos

Energos tarjoaa Suomessa Vattenfall Oyj:n kanssa patentoitua Energos-teknologiaa (kuva 41) jätteiden energiakäyttöön. Laitosten koot ovat noin 6–10 MW, ja laitokseen kuuluu arinarakenteinen tulipesä ja kattila, jossa tuotetaan höyryä, lämpöä tai sähköä. Yhden linjan/kattilan syöttö on noin 20 000–35 000 t/a. Polttolinjoja voidaan tarvittaessa rakentaa useita rinnakkain. Jätteen klooripitoisuuden pitää olla alle 1 m-%. (Energos 2000)

Jätteen tulee olla murskattu noin 20 mm palakokoon. Polttokammio sisältää primäärisen ja sekundäärisen polttokammion. Primääripolttokammion pohjalla on vesijähdytteiset arinat ja ilmaa syötetään näiden arinoiden välistä. Polttoprosessia kontrolloidaan primääri-ilman ja kierrätettävän savukaasun avulla. Eri osissa primäärikammiota polttoaine ensin kuivuu, jonka jälkeen se kaasuuntuu ja kiinteä osa poltetaan arinan päässä. Lämpötila primäärikammiossa on noin 850–900 °C. Savukaasujen polttaminen tapahtuu sekundäärikammiossa, jossa lämpötila on välillä 1 050–1 150 °C. (Energos 2000)



Kuva 41. Energos-prosessi. (Energos 2000)

Polttokammioista savukaasut ohjataan kattilaan, jossa tuotetaan höyryä tai lämpöä. Aktiivihiiltä ja kalkkia syötetään savukaasuihin ennen kuitusuodatinta.

Energos tarjoaa yhdessä Vattenfallin kanssa palvelua kunnille. Periaatteena on, että pienet paikalliset energiantuotantolaitokset tarjoavat ympäristö- ja kustannushyötyjä sekä jättepolttoaineiden toimittajille että energian ostajille. Kunnat voivat tässä konseptissa tehdä Vattenfallin kanssa pidemmän sopimuksen jätteen toimittamisesta laitokselle, jolloin kunnan jätehuolto siirtyy Vattenfallin ja laitoksen vastuulle eikä omaa pääomaa tarvitse sitoa.

Vattenfall toimii samalla periaatteella myös Ruotsissa. Suomessa kaukolämpöverkko on toisaalta laaja ja CHP-tuotanto korkea, joten kaukolämpöä tuottavien laitosten tarve on pienempi kuin Ruotsissa. Suomessa on vain muutamia paikkakuntia, joissa on käyttämätöntä lämpökuormaa ja toisaalta muutamia paikkakuntia, joissa vanhoja öljykattiloita voitaisiin muuttaa kiinteän polttoaineen kattiloiksi.

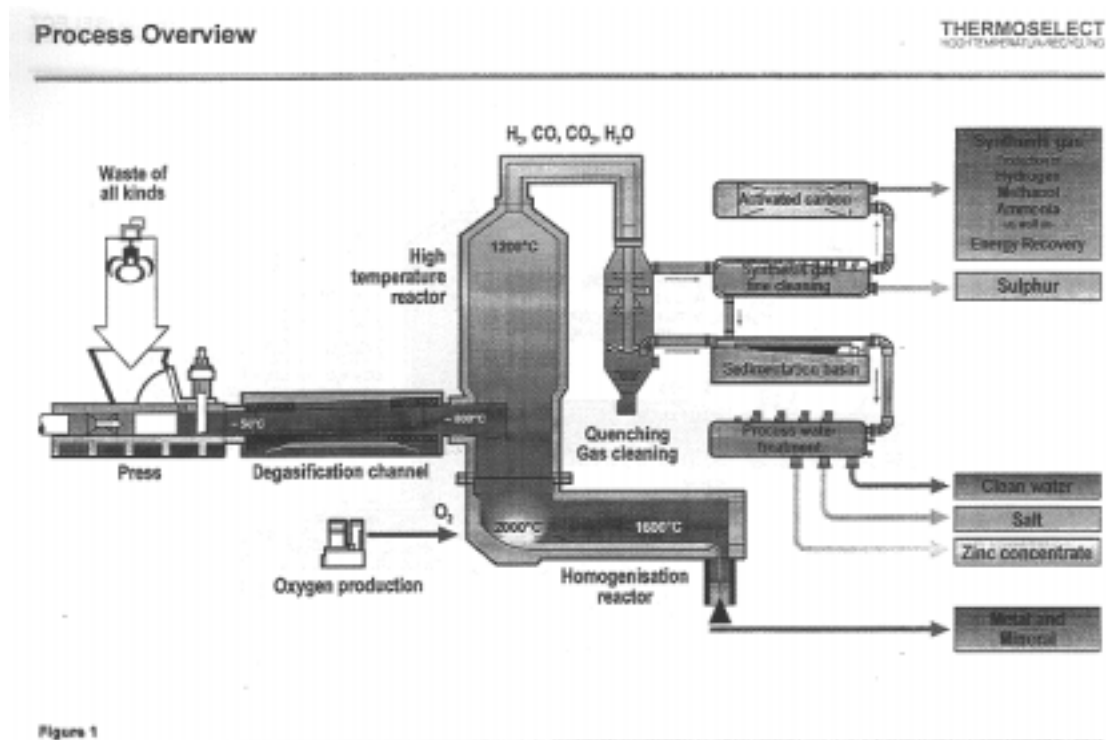
7.3.4 Thermoselect

Uusia ja kehittyneitä prosessiratkaisuja on kehitetty vastaamaan tiukempiin ympäristönormeihin ja kasvaviin jätemääriin.

Thermoselect-prosessi (kuva 42) on pyrolyysin ja kaasutuksen yhdistelmäprosessi. Thermoselectin prosessi ei ole varsinainen energiantuotantoprosessi, vaan lähinnä sillä pyritään vähentämään materiaalien määriä ja saamaan materiaaleja hyötykäyttöön. Prosessissa on yhdistettynä hidas pyrolyysi, happikaasutus sekä mineraalin ja metallijäänöksen sulatus, jossa tuotetaan mineraaliainesta, sinkkikonsentraattia, rikkiä sekä synteetikaasua poltettavaksi. (Thermoselect 2000)

Laitos ottaa vastaan sekajätettä, joka puristetaan ensin hydraulisesti. Puristuksen jälkeen jäte kulkeutuu pyrolyysikanavaan (600 °C), jossa vesi haihtuu ja orgaaniset materiaalit pyrolysoituvat osittain. Pyrolyysikammiossa orgaaninen aines viipyy noin kaksi tuntia, jonka jälkeen se siirtyy ns. korkealämpötilareaktoriin. Korkealämpötilareaktorissa (HTR) orgaaninen osa jätteestä muuttuu synteetikaasuksi/polttokaasuksi 1 200 °C:n lämpötilassa happikaasutuksen avulla. Epäorgaaniset komponentit muodostavat sulan faasin 2 000°C:n lämpötilassa. Sulanut, kaasuuntumaton jäte virtaa homogenisaatioreaktoriin, jossa lämpötila pidetään jäähdytyspisteen yläpuolella, ja metalli erotetaan samalla mineraaliaineksestä. (Thermoselect 2000)

Synteetikaasu jäähdytetään suoralla vesijäähdytyksellä (quench) nopeasti 1 200 °C:n lämpötilasta alle 80 °C:seen, jolloin vältetään orgaanisten yhdisteiden muodostumista. Vesipesu erottaa raskasmetalleja sekä suoloja. Jäähdytetty kaasu pestään kahdessa vaiheessa: ensin hapan pesu ja sen jälkeen alkalinen pesu. Tämän jälkeen synteetikaasu käsitellään ns. Sulferox®-puhdistuksessa, jossa vetysulfidi hapetetaan rauta(III)kompleksin avulla ja tuloksena saadaan rikkiä, joka erotetaan hyötykäyttöön, sekä vetyä synteetikaasuun. Tämän jälkeen synteetikaasua lämmitetään hieman ja lisätään aktiivihiiltä orgaanisten yhdisteiden pidättämiseksi. Synteetikaasun puhtaus on maakaasun luokkaa. Quench-pesun likainen pesuvesi haihdutetaan, jolloin saadaan lähinnä NaCl poistettua, myöhemmin erotetaan saostamalla myös sinkki. Puhdistettu vesi voidaan käyttää jäähdytykseen. (Thermoselect 2000)



Kuva 42. Thermoselect-prosessi. (Thermoselect 2000)

Ensimmäinen täyden mittakaavan laitos valmistui Karlsruheeseen vuonna 2000 (kuva 43). Laitoksella on kolme identtistä linjaa, ja yhteensä laitos käsittelee vuodessa 225 000 t/a yhdyskuntajätettä. Synteesikaasu poltetaan kattilassa, ja se tuottaa kaukolämpöä Karlsruheen kaupungille. Mahdollisuuksia olisi käyttää synteesikaasu esimerkiksi metanolin valmistukseen tai kemian prosesseihin. Kaikki tuotteet (mineraaliaines, metallit, suolat, rikki, synteesikaasu) pyritään saamaan hyötykäyttöön, jotta laitokselta ei tulisi jätteitä sijoitettavaksi kaatopaikalle.

Jätettä käsitellään laitoksella 30 t/h (HHV 12 MJ/kg). Laitoksessa tuotetaan sähköä 2,7 MW_e ja kaukolämpöä 50 MW (omakäyttöteho on 10 MW_e ja prosessilämmöntarve 5,7 MW). Sähköntuotannon hyötysuhde on suuruudeltaan 12–14 %.

Päästörajat uusissa laitoksissa Saksassa ovat todella tiukat. Ympäristölupa tälle laitokselle on noin 10 % jätteenpolttodirektiivin raja-arvoista, ja todelliset/mitatut päästöt vain noin 1 % direktiivin raja-arvoista.

Laitoksen pääomakustannukset ovat 214 milj. DEM (ilman maansiirtotöitä yms.). Kunta maksaa jätteenkäsittelystä (gate fee) 275 DEM/t jätettä. Käsittelykustannukset ovat noin 210 DEM/t jätettä (sisältävät pääoma-, happi-, kemikaali- ja henkilöstökustannukset).

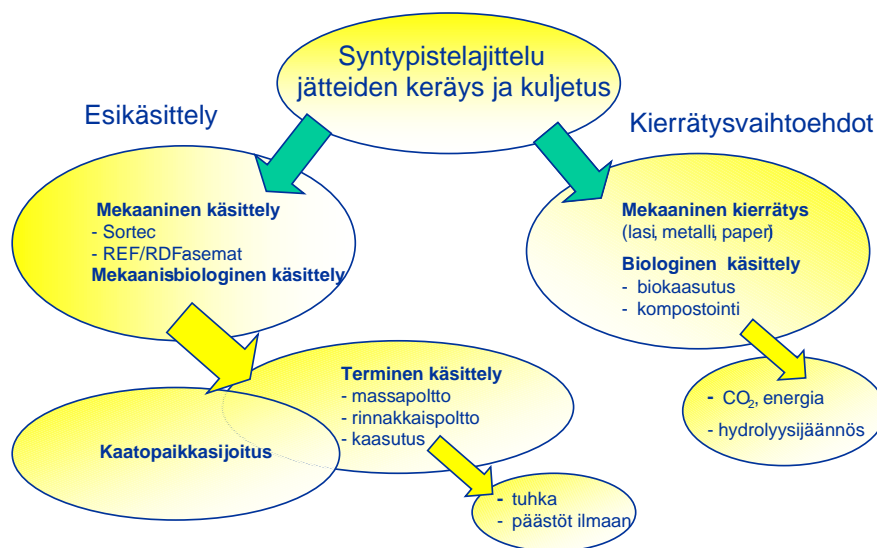


Kuva 43. Thermoselectin Karslruhen laitos, 225 000 t MSW/a.

8. Jätteiden hyödyntämisketjut ja -tekniikat ja niiden merkitykset CO₂-päästöihin

Erilaisten jätteiden hyödyntämisketjujen ja niissä käytettävien tekniikoiden vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin vaihtelevat. Periaatteena on kuitenkin se, että kaatopaikalle päätyvän biohajoavan jätteen määrää vähennetään. Kuvassa 44 on kuvattu erilaisia jätteiden hyödyntämis- ja käsittelyketjuja. Tässä tarkastelussa on keskitytty jätteiden energia- ja kaatopaikkasijoituksen kasvihuonekaasupäästöihin. Kierrätystä ja jätteiden materiaalikäyttöä on tarkasteltu enemmän selvityksen jätteiden materiaalivirtojen kehitys - osatehtävän raportissa (Turkulainen ja Johansson 2001). Energia- ja materiaalikäytöllä on kuitenkin yhtymäkohtia, sillä tehostetulla kierrätyspoltoaineen valmistuksella voidaan samalla tuottaa materiaalia kierrätykseen (vrt. Urban Mill-prosessi, SORTEC 3.0).

Jätteenkäsittelyvaihtoehtoja, joilla erilaiset vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin

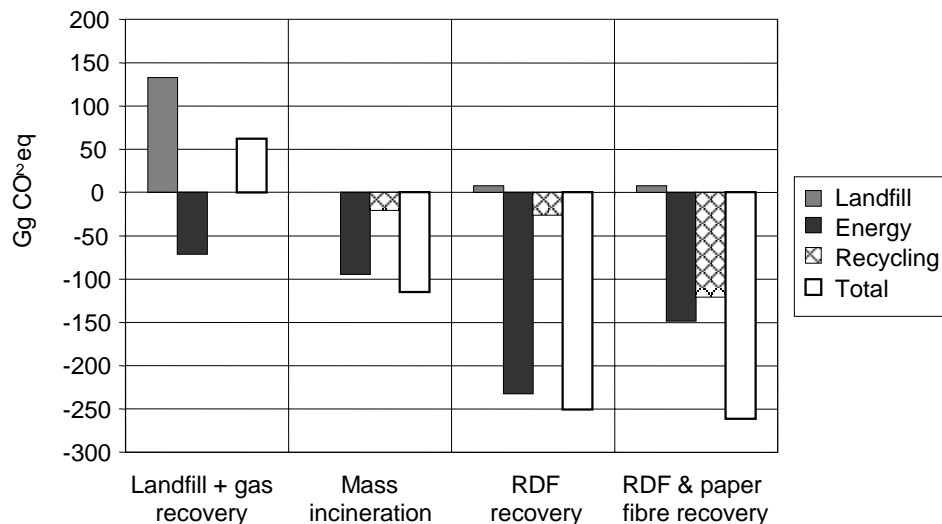


Kuva 44. Jätteiden hyödyntämis- ja käsittelyketjuja.

Kuvassa 45 on kuvattu joidenkin, lähinnä jätteiden energiakäyttötekniikoiden vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin (Tuhkanen *et al.* 2001b). Päästölaskennan taustaineistona oli VTT Energian tekemä pääkaupunkiseudun jätteiden energiakäyttöselvitys (Mäkinen *et al.* 2000). Siinä on oletettu, että jätteet syntypistelajitellaan jokaisessa käsittelyketjussa kolmeen jätejakeeseen (keräyspaperi, biojäte, sekajäte). Laskennassa oletettiin, että sekajätteessä on noin 17 % muoveja (80 % hiiltä muovissa, jolloin CO₂-päästökertoimeksi tuli noin 30 g CO₂/MJ). Laskelmat on siis tehty pääkaupunkiseudulle, jossa ei ole tarvetta uudelle kaukolämmön tuotannolle. Massapolttolaitos tuottaisi siten vain sähköä. Pääkaupunkiseudulla energiantuotanto hoidetaan kivihiilen pölypolt-

toon perustuvilla CHP-laitoksissa ja maakaasukombivoimalaitoksissa. Selvityksessä esitetyissä ratkaisuvaihtoehdoissa REF kaasutettaisiin ja kaasulla korvattaisiin kivihiiltä olemassa olevissa hiilipölykattiloissa (ks. luku 7.2).

Erilaiset käsittelyvaihtoehdot ja tehdyt oletukset on kuvattu tarkemmin luvuissa 8.1–8.4.



Kuva 45. Erilaisten jätteiden energiakäyttövaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästövaikutuksia (Tuhkanen *et al.* 2001b).

8.1 Kaatopaikkasijoitus ja biokaasun keräily

Biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoitus johtaa kaatopaikkakaasujen, lähinnä metaanin, syntymiseen. Kaatopaikkasijoituksen jatkaminen uusilla EU-tasoisilla kaatopaikoilla, joissa on kaasunkeräysjärjestelmät ja suurin osa metaanista saadaan talteen (kaikkea metaania ei saada kerättyä talteen), voi olla yksi vaihtoehto jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Lainsäädännölliset ohjauskeinot tulevat kuitenkin jo nykyisillä päätöksillä vähentämään biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoitusta.

IPPC:n ohjeistuksen mukaan kaatopaikkakaasuu katsotaan CO₂-neutraaliksi polttoaineeksi. Jos tällä biokaasulla voidaan korvata öljyä tai muita fossiilisia polttoaineita, vaikutus kasvihuonekaasujen vähentämiseen kasvaa.

Tuhkanen *et al.* (2001b) on oletanut, että kaatopaikkakaasulla tuotetaan sähköä (ei lämmöntarvetta) ja tällä tuotetulla sähköllä korvataan hiililauhdetuotantoa. Tämä vaihtoehto olisi Tuhkanen *et al.* (2001) mukaan (kuva 45) kasvihuonekaasupäästöjen osalta tarkastelluista ratkaisuista huonoin vaihtoehto.

8.2 Sekajätteen massapoltto

Suuressa osassa Keski-Euroopan maita, joissa asukastiheys on suuri, on kaatopaikkaläjitystä jo pitkään pyritty vähentämään. Jätteiden massapoltto on ollut tällöin kaatopaikkasijoitukselle päävaihtoehto.

Esimerkiksi Saksassa on toiminnassa 59 massapolttolaitosta, jotka käsittelevät kotitalouksien lajittelussa jäljelle jäävää kierrätykseen kelpaamatonta fraktiota. Yhteensä nämä laitokset polttavat noin 13,5 milj. t/a yhdyskuntajätettä. Jätteet sisältävät biohajoavaa osaa noin 50–80 %, loput on muovia ja muuta hajoamatonta jätettä. Ranskassa oli vuonna 1997 toiminnassa 225 jätteenpolttolaitosta ja Tanskassa 30. Osa näistä laitoksista joudutaan uusimaan vastaamaan joulukuussa 2000 hyväksytyn jätteenpolttodirektiivin velvoitteita.

Massapolttovaihtoehdossa vähennetään kaatopaikalle päätyvän jätteen määrää tietyllä osuudella. Sekalaisessa yhdyskuntajätteessä on kuitenkin jäljellä vielä lasia ja muoveja, joten sen poltto aiheuttaa fossiilisia kasvihuonekaasupäästöjä jonkin verran. Fossiilisen polttoaineen korvaus siis vähentäisi kasvihuonekaasupäästöjä vain hiukan. Metallit voidaan erotella massapolttolaitoksen tuhkasta ja saada kierrätykseen.

Tuhkanen *et al.* (2001b) on arvioinut, että esikäsitellyn kierrätyspolttoaineen massapolton kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 470 g CO₂/kWh_e. Laskelmat on tehty korvaten kivihiihilaitoksen sähköntuotantoa ($\eta_e = 0,22$), jolloin päästöt ovat negatiiviset. Laskelmissa on oletettu, että massapolttolaitoksessa tuotettaisiin vain sähköä, koska pääkaupunkiseudulla ei ole käyttämätöntä lämpökuormaa. Massapolttolaitoksen vältetyt päästöt vaihtelevat sen mukaan, korvataanko sähköä vai lämpöä ja millä hyötysuhteella. Tyypillisen massapolttolaitoksen sähköntuotannon hyötysuhde vaihtelee välillä 10–20 % ja lämmöntuotannon hyötysuhde on noin 50 %.

Suomessa tuotetaan yleensä kaukolämpöä joko erillisissä kaukolämpölaitoksissa tai isommissa kaupungeissa CHP-laitoksissa. Jos Suomeen rakennettaisiin massapolttolaitos, joka tuottaa kaukolämpöä, voisi sillä joillakin paikkakunnilla korvata öljykattiloilla tai muilla fossiilisilla polttoaineilla tuotettua kaukolämpöä ja siten vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Tarvetta uudelle kaukolämmöntuotanto-kapasiteetille on kuitenkin vain muutamilla paikkakunnilla.

Jos massapolttolaitos korvaisi CHP-laitoksessa tuotettua kaukolämpöä, vähentäisi se sähkön yhteistuotantoa ja lisäisi hiililauhdetuotantoa, joten tällöin massapolton energiakorvauksen kautta ei syntyisi lainkaan kasvihuonekaasujen päästövähennyksiä. Jos massapolttolaitos taas korvaa CHP-laitoksessa tuotettua sähköntuotantoa, tulee tällöin mahdollisesti tarvetta lämmöntuotannolle.

8.3 Syntypistelajittelu, REF-valmistus ja energiantuotanto

Suomessa nykyisin käytössä olevissa REF-laitoksissa pääasiallisena tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman puhdasta kierrätyspolttoainetta. Erilaisilla laitteistoilla pyritään erottamaan epäpuhtauksia (lasi, metalli, alumiini) pois kierrätyspolttoaineesta. Kaatopaikalle läjitettävän materiaalin määrää saadaan näin vähennettyä ja toisaalta kierrätyspolttoaineella voidaan korvata muita polttoaineita (lähinnä fossiilisia polttoaineita) CHP-tuotannossa tai kaukolämpökattiloissa. Kasvihuonekaasupäästövähennykset riippuvat siitä, mitä polttoainetta korvataan ja missä. Lisää päästövähennyksiä ja kustannussäästöjä saataisiin, jos rejektit (lasi, metallit) saataisiin erotettua puhtaina ja voitaisiin kierrättää ja vähentää näin neitseellisten raaka-aineiden käyttöä.

Tuhkasen *et al.* (2001b) laskelmissa on oletettu syntypistelajitteluun perustuva jätehuolto, jossa kaikki polttokelpoinen materiaali käsitellään kuivastabilointilaitoksessa polttoaineeksi ja erilleen kerätty biojäte kompostoidaan. Tällä käsittelyketjulla pystytään vähentämään kaatopaikalle päätyvän orgaanisen materiaalin määrää huomattavasti. Valmis kierrätyspolttoaine kaasutetaan REF-kaasuttimissa ja kaasu poltetaan olemassa olevissa hiilipölykattiloissa ja korvataan näin fossiilista kivihiiiltä.

Tuhkasen *et al.* (2001b) mukaan syntypistelajittelu ja kierrätyspolttoaineiden käyttö, joka korvaa fossiilisia polttoaineita, on kasvihuonekaasupäästöjä ajatellen kaatopaikkasijoitusta ja massapolttota parempi vaihtoehto.

8.4 SORTEC- ja Urban Mill -prosessit

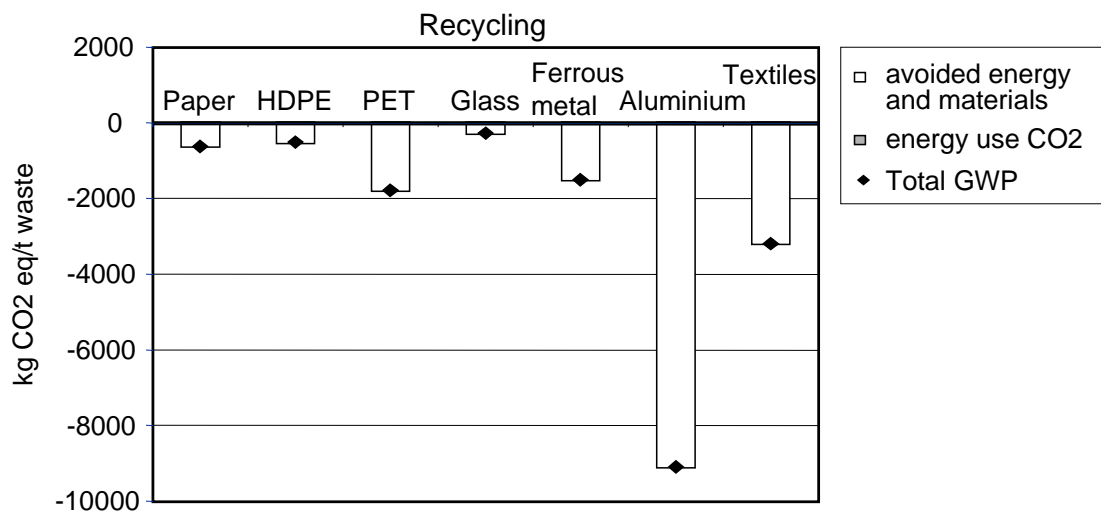
Suurin merkitys jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä on biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoituksen vähentämisellä ja kaatopaikkakaasun keräämisellä ja poltolla. Toisaalta päästösäästöjä saadaan korvattaessa kierrätyspolttoaineilla fossiilisia polttoaineita tai neitseellisten raaka-aineiden käyttöä.

DSD:n SORTEC 3.0- ja Metso Oyj:n Urban Mill -konseptit tuovat uusia mahdollisuuksia. Kun REF:ää/jätettä prosessoidaan vielä eteenpäin ja saadaan kuitu hyötykäyttöön, säästetään näin neitseellisen massan käyttöä paperiteollisuudessa. Edelleen metalleja ja lasia voidaan saada puhdistettuna hyötykäyttöön, ja näin vähennetään neitseellisen lasin tai metallin valmistusta ja käyttöä. Konseptien merkitystä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä lisää vielä se, jos valmistetulla REF:llä korvataan fossiilisia polttoaineita.

Tuhkasen *et al.* (2001b) laskelmissa arvioitiin, että syntypistelajitteluun ja REF:n valmistukseen perustuvan jätteiden energiakäytön ja ns. Urban mill -konseptin kokonaisvaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin ovat käytännössä samat, mutta Urban mill

-konseptissa suurempi osuus päästösäästöistä saavutetaan materiaalkierrätyksellä kuin REF:n energiakäyttövaihtoehdossa.

Kuvassa 46 on kuvattu erilaisten materiaalien kierrätyksen vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin (Smith *et al.* 2001). Lisäksi on huomioitu kierrätysmateriaalin valmistuksessa syntyvät hiilidioksidipäästöt sekä vältetty energiantuotanto ja materiaali. Tämän mukaan erityisesti alumiinin ja metallin sekä tekstiilien kierrätys on kasvihuonekaasupäästöjen kannalta järkevää. Muovin kierrätys tuottaa myös negatiivisia kasvihuonekaasupäästöjä, mutta muovin kierrätyksen kustannukset ovat huomattavan korkeat.



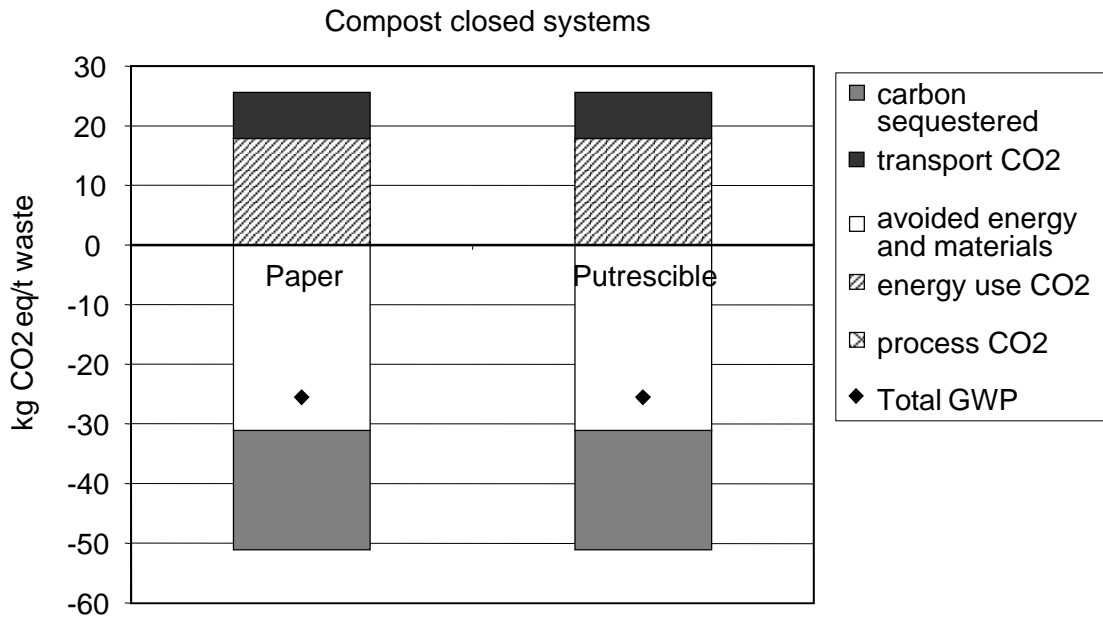
Kuva 46. Jättemateriaalien kierrätyksen vaikutuksia kasvihuonekaasujen päästöihin (Smith *et al.* 2001).

8.5 Kompostointi ja biokaasutus

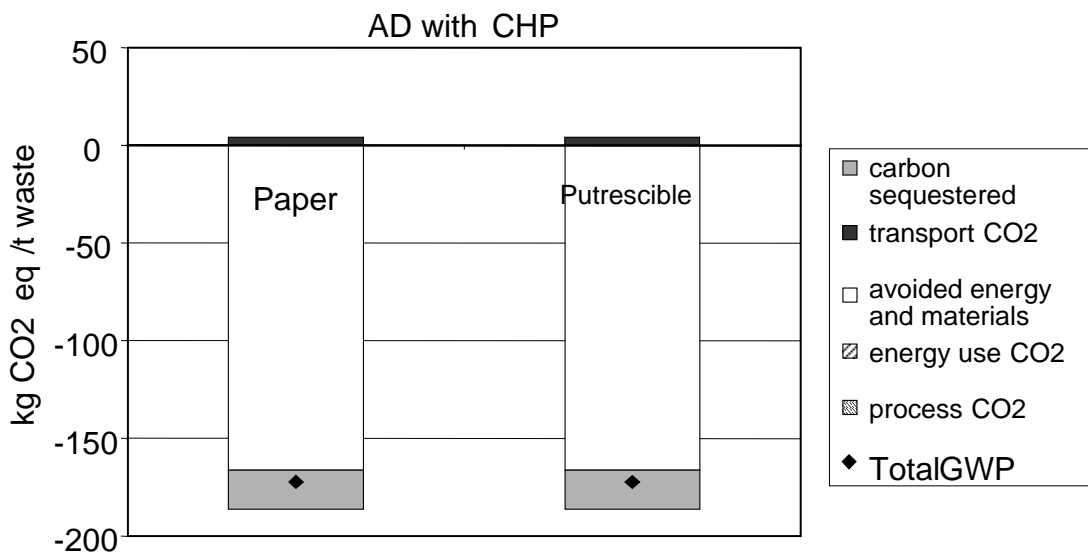
Kuvassa 47 ja 48 on esitetty laitoskompostoinnin ja biokaasutuksen kasvihuonekaasupäästöjä AEA Technologyn raportin pohjalta (Smith *et al.* 2001).

Kompostoinnissa mukaan on huomioitu jätteen kuljetuksessa kompostointilaitokselle syntyvät hiilidioksidipäästöt, kompostointiprosessissa syntyvät päästöt ja lannoitteiden korvaamisessa vältetyt hiilidioksidipäästöt. Kompostoinnilla vältetään biohajoavan jätteen metaanituotanto kaatopaikoilla. Mukana AEA:n (2001) tarkastelussa ovat myös jätehuollon nieluvaikutukset (sequestration), joita ei kuitenkaan IPCC:n nykyisen käytännön mukaisesti lasketa kasvihuonekaasupäästöissä. Tässä se on otettu kuitenkin mukaan kuvaamaan sitä laajuutta, joka nieluilla olisi jätehuollossa. Jätehuollon nieluja ovat mm. maanparannukseen käytettävä kompostimulta, kun se lisää maahan varastoituneen orgaanisen aineksen määrää.

Biokaasutuksessa mukaan on huomioitu samat asiat kuin kompostoinnissa, ja biokaasutuksen hydrolyysijäännös on oletettu käytettävän maanparannukseen (vaikka se sisältää yleensä enemmän epäpuhtauksia kuten raskasmetalleja) ja siten omaavan saman nieluvaikutuksen kuin kompostimulta. Biokaasutuksessa lisätua tuo energiantuotanto, jolla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita ja näin vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Biokaasutuksen vaikutukset kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen ovat siten suuremmat kuin kompostoinnissa. (Smith *et al.* 2000)



Kuva 47. Laitoskompostoinnin kasvihuonekaasupäästöjä (Smith *et al.* 2001).



Kuva 48. Biokaasutuksen ja kaasun polton vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin (Smith *et al.* 2001).

9. Jätteiden energiakäyttöskenaariot

Selvityksessä tarkasteltiin jätehuollon toimenpiteitten ja jätteiden energiakäytön mahdollisuuksia Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Seuraavissa luvuissa on esitetty kasvihuonekaasupäästöjen vähentämispotentiaalit sekä jätteiden energiakäytön tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet vaihtoehtoisissa skenaarioissa vuoteen 2010 asti. Tarkasteluun valittiin kolme eri jätteiden energia- ja materiaalikäytön skenaariota, joita olivat

- kaatopaikkadirektiivin minimivaatimus
- orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto (polttokelpoista jätettä ei kaatopaikalle)
- hyötykäyttöoptimi (integroitu palavan jätteen materiaali- ja energiahyötykäyttö).

Lähtökohtana on ns. Suomen malli, jossa jäte syntypaikkalajitellaan kotitalouksissa, syntypaikkalajittelusta jätteestä valmistetaan kierrätyspolttoaineen valmistuslaitoksella kierrätyspolttoainetta ja valmistetulla REF-polttoaineella korvataan fossiilisia polttoaineita (öljyä, kivihiiltä tai turvetta).

Selvityksessä on oletettu, että jätteen määrä kasvaa kansallisen ilmasto-ohjelman ympäristöministeriön sektoriselvityksen mukaisesti. Talouden suhdanteet vaikuttavat kuitenkin jätteen määrän kehitykseen merkittävästi. Jätteiden synnyn ehkäisyä ei tässä tarkastelussa ole erillisenä mukana, vaan jätemäärien kasvussa on nojaututtu valtakunnallisessa jättesuunnitelmassa esitettyyn jätemäärien kasvun hidastumiseen.

Jokaisessa skenaariossa on arvioitu polttokelpoisen jätteen (kuivajätteen = paperi ja biojäte kerätty erikseen) määrä ja tarvittava polttokapasiteetin tarve (luku 9.2) sekä kasvihuonekaasupäästöt (luku 9.1). Polttokelpoisen jätteen määrät sovitettiin Suomen energiatuotantoon käyttäen pohjana VTT Energian laajaa kattilatietokantaa (luku 9.3). Jätteiden energiakäytön kustannuksia on esitetty luvussa 9.4.

9.1 CO₂-päästöt eri skenaarioissa

Kuvassa 49 on esitetty hiilidioksidipäästöt yhdyskunta- ja rakennusjätteen osalta eri skenaarioissa. Lähteenä laskelmissa on käytetty Suomen Ympäristökeskuksen selvityksessä (Dahlbo *et al.* 2000) annettuja jätemääriä ja kasvihuonekaasupäästöjä lukuun ottamatta kaatopaikkakieltoskenaariota, joka on arvioitu VTT:n lukujen pohjalta olettaen REF:n korvaavan fossiilisia polttoaineita (kivihiiltä). Teollisuuden kaatopaikoille ja läjitysalueille läjitettyjen jätteiden laadusta ja määrästä (polttokelpoista/orgaanista jä-

tettä noin 0,7 milj. t/a) on vähän tietoa, mutta orgaanisen aineksen määrä tässä materiaalissa ei ole useinkaan korkea, joten nämä jätteet on jätetty laskennan ulkopuolelle. Teollisuuden puolella kaatopaikkasijoituksen vähenemisen voi nähdä enemmän yrityksen imagoon vaikuttavana tekijänä kuin kasvihuonekaasupäästöasiana.

REF:n sisältämän muovin osuus energiasta ja hiilipäästöistä on arvioitu olevan 17 % lopun ollessa hiilidioksidipäästölaskelmissa neutraalia biomassapohjaista paperia ja puuta. Kaatopaikkakaasujen päästöt on laskettu massatasemallilla.

JÄTEHUOLLON CO ₂ ekv PÄÄSTÖT v. 1990 -2010				
Yhdyskuntajätettä syntyy v. 1990 n. 3.1 Mt ja 2010 n. 3.06 Mt/a				
Vuonna 2010:	Perusvaihtoehto	Kaatopaikalla ei palavaa *)	Jätesuunnitelma 2005	v. 1990
	kt/a			
Kaatopaikalle	1377	100	643	2450
- palavaa (yhd.kuntajäte)	1145	0	468	2059
Massapoltto	43	0	57	37
Seos/Rinnakkaispoltto	59	1300	764	23
Kierrätys, kompostointi, mädätys (yhd.k.jäte)	1587	1600	1601	590
Energiäkäyttö yht. GWh	470	5200	3800	
Metaanin talteenotto/hyötyk. GWh/a	521/ 338	356/ 231	302/ 196	
CO ₂ -päästöt, Mt CO ₂ -ekv/a				
- kaatopaikka MT/DM	1,46/ 1.4	0,1/ 1.0	0,91/ 1.2	3,64/ 2.3
- energiantuotanto (muovi)	0,06	0,9	0,69	0,03
- vältetty energia	-0,26	- 2.6	-1,24	-0,05
- yhteensä	1,25/ 1.2	- 1.6/ - 0.7	0,36#/ 0.6	3,62#/ 2.3

#) Ilmasto-ohjelma

Lähde: Sykkeen raportti No. 197, 2000

Kuva 49. Jätehuollon kasvihuonekaasupäästöt eri skenaarioissa.

Tältä pohjalta on tehty kuvaan 50 yhteenvedona jätehuollon kasvihuonekaasupäästöt eri toimintaskenaarioissa. Kaatopaikkakaasujen päästöt perustuvat Sami Tuhkasen (2001a) arviointiin erillisessä Climtech-raportissa.

Taulukon pohjalta voidaan huomata, että IPCC:n kaatopaikkakaasujen laskentasäännön muuttuessa, laskisivat ns. Ilmasto-ohjelmassa esitetyt luvut Kioton raportointikaudella 1990 – 2010 noin 0,7 Mt CO₂ ekv/a, kun se aiemmalla massatasemallilla arvioitaessa olisi ollut 3,7 Mt CO₂ ekv/a. Tästä seuraa vastaava kompensatiotarve muilla toimenpiteillä noin 3 Mt CO₂ ekv/a, mikä on huomattavan iso lisätarve.

Palavien jätteiden energia- ja materiaalihyötykäyttöä on tarkasteltu eri skenaarioissa, jotka on selostettu lähemmin seuraavissa kappaleissa. Energiäkäytössä kierrätyspoltto-

aineilla on oletettu pääosin korvattavan fossiilisia kiinteitä polttoaineita, rannikolla kivihiiltä ja sisämaassa turvetta. REF:n käyttö pohjautuisi joko seospolttoon leijukerroskattiloissa tai kaasutukseen ja puhdistetun tuotekaasun seospolttoon hiilikattiloissa. Teknisesti pidemmällä aikajänteellä lisäkehitystyöllä myös REF-pohjaisen kaasun käyttö maakaasuvoimaloissa tai nestemäisten polttoaineiden valmistuksessa tulee olemaan mahdollista.

Jätteiden energiakäytöllä voitaisiin nykykehitykseen nähden saavuttaa orgaanisen jätteen kaatopaikkakieltoskenaariossa noin 1,3 Mt CO₂ ekv/a lisävähennys ja ilmastostrategiaan nähden noin 0,9 Mt CO₂ ekv/a. Huomioiden niin kaatopaikkakaasujen talteenotto kuin kierrätyspolttoaineiden energiakäyttö, voitaisiin saavuttaa orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellolla noin 1,1 Mt CO₂ ekv/a lisävähennys ilmastostrategiaan ja 2,1 Mt CO₂ ekv/a lisävähennys nykykehitykseen nähden. Materiaalikierrätyksen merkitystä arvioitiin teoreettisella laskennalla, jossa oletettiin ns. Urban Mill -tyyppisen paperikuidun kierrätysteknologian yleistyvän ja lisäksi olevan mahdollista kierrättää myös jätemuovia. Tehdyillä oletuksilla saatiin kasvihuonekaasulaskennassa sama lopputulos sekä orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellolle että materiaalikierrätyksen maksimoinnille ns. hyötykäyttöskenaariossa.

**Jätehuollon toimenpiteillä saavutettava
päästövähennelmä eri skenaarioissa vuonna 2010
verrattuna vuoteen 1990**

Toimenpide	Nykykehitys Mt CO ₂ -ekv.	Ilmastostrategia/ Kaatopaikkadirektiivi Mt CO ₂ -ekv.	Orgaanisen jätteen kp-kielto v. 2010 Mt CO ₂ -ekv.	Hyötykäyttö- optimi Mt CO ₂ -ekv.
Kaatopaikkasijotuksen vähentäminen	0,5 (3,1)	0,7 (3,8)	1,0 (5,2)	1,0 (5,2)
Kaatopaikkakaasun talteenoton ja pinta-kerrosratkaisujen lisäys	0,6	0,6	0,5	0,5
Jätteiden energiankäytön lisääminen (korvataan fossiilisia polttoaineita)	0,2	0,6	1,5	1,3
Materiaalikierrätyksen lisääminen (korvataan neitseellisten raaka-aineiden käyttöä ja säästetään energiaa)	0,2	0,4	0,6	0,8
Yhteensä	1,5 (4,1)	2,3 (5,4)	3,6 (7,8)	3,6 (7,8)

Suluissa on ilmoitettu massatasemallin mukainen laskennallinen päästövähennelmä

Kuva 50. Jätehuollon toimenpiteillä saavutettava päästövähennelmä eri skenaarioissa.

9.1.1 Kaatopaikkadirektiivin minimivaatimukset (– palavan jätteen kaatopaikkamaksimi)

Kaatopaikkadirektiivissä on asetettu biohajoavalle jätteelle kaatopaikkarajoituksia. Kaatopaikalle sijoitettavan biohajoavan yhdyskuntajätteen määrää on vähennettävä vuoden 1995 tasosta 75 %:iin vuoteen 2006 mennessä, 50 %:iin vuoteen 2009 mennessä ja 35 %:iin vuoteen 2016 mennessä. Valtioneuvoston päätöksen kaatopaikoista mukaan vuoden 2005 alusta jätettä, josta suurinta osaa biohajoavasta osasta ei ole lajiteltu erilleen hyödyntämistä varten, ei saa läjittää kaatopaikalle. Valtioneuvoston päätös kattaa rajoitukset vuoteen 2009 mennessä, mutta vuoden 2016 tavoite vaatii tiettyjä lisätoimia ja jätteiden kaatopaikkasijoituksen vähentämistä sekä energiakäytön lisäämistä.

Kaatopaikkadirektiivi asettaa rajoituksia vain yhdyskuntajätteen kaatopaikkasijoitukselle, joten kasvihuonekaasupäästöjen väheneminen koskee tässä skenaariossa vain yhdyskuntajätteitä. Tämän skenaarion mukaan rakennustoiminnan jätteiden sekä teollisuuden jätteiden hyödyntäminen jatkuu kuten vuonna 2000 ja jätemäärä kasvaa hitaasti.

Tämän skenaarion kasvihuonekaasupäästöluku on esitetty kuvan 49 jättesuunnitelma 2005 -sarakeessa, jossa Suomen Ympäristökeskus on arvioinut kaatopaikkasijoituksen määrän laskevan vuoteen 2010 noin 640 000 tonniin/a, josta palavaa olisi 470 000 t/a. Jätteistä valmistettuja kierrätyspolttoaineita ohjattaisiin energiakäyttöön 760 000 t/a ja massapolttoon 50 000 t/a. Tässä skenaariossa jätehuollon kasvihuonekaasupäästöt laskisivat vuodesta 1990 vuoteen 2010 n. 3,3 Mt CO₂-ekv./a. Tämä tavoiteluku on esitetty myös kansallisen ilmasto-ohjelman ympäristöministeriön tavoiteskenaariona. Skenaario on myös lähimpänä nykyisen valtakunnallisen jättesuunnitelman tavoitteita vuoteen 2005.

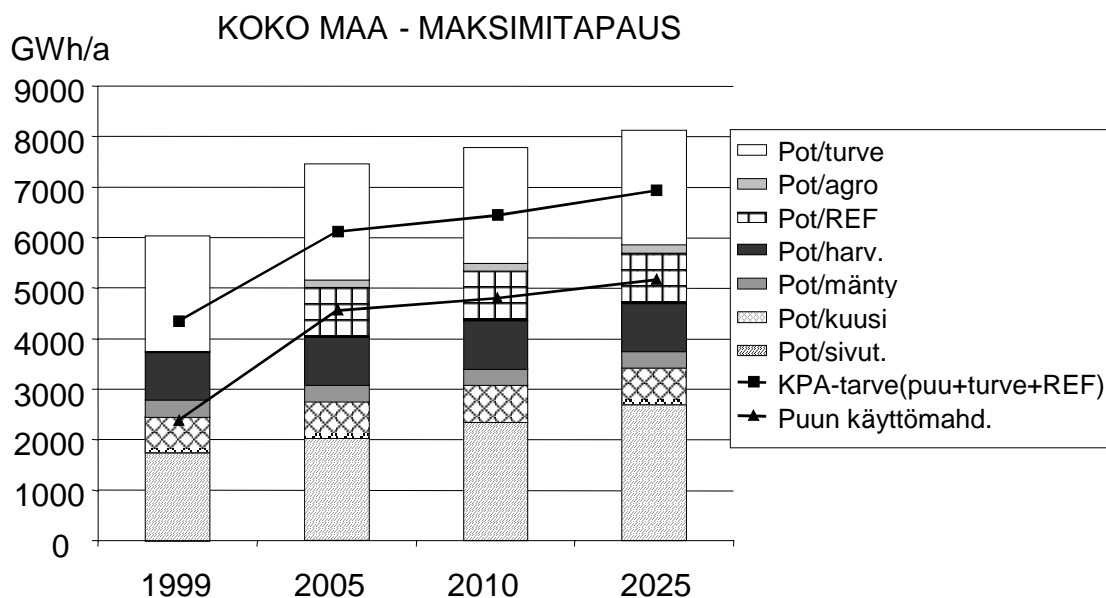
9.1.2 Organisen jätteen kaatopaikkakielto

Tässä skenaariossa on arvioitu niitä vaikutuksia, joita organisen jätteen kaatopaikkakiellolla olisi kasvihuonekaasupäästöihin. Päätös kieltää polttokelpoisen/organisen jätteen läjittäminen kaatopaikoille on jo tehty esim. Ruotsissa, Sveitsissä ja Saksassa, ja kaatopaikkakieltoa on esitetty myös Suomessa jättesuunnitelman tarkistuksen yhteydessä (Ympäristöministeriö 2001). Skenaariossa on oletettu, että kaatopaikkakielto koskisi teollisuuden, rakennustoiminnan ja yhdyskuntien jätteitä. Biojäte erilliskerätään ja käsitellään kompostoimalla tai biokaasutuslaitoksessa.

Näillä toimenpiteillä on jo suuremmat vaikutukset kaatopaikan metaanipäästöjen sekä jätteiden energiakäytön osalta. Yhdyskuntajätteen osalta päästövähennys olisi noin 5,2 milj. t CO₂-ekv. Tähän tulisi vielä teollisuusjätteiden osalta pieni lisäys. Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen ei kaikissa tapauksissa ole mahdollista, mutta REF kuitenkin korvaa pääasiassa kivihiiltä ja turvetta.

REF joutuu paikallisesti kilpailemaan muiden polttoaineiden kanssa monipolttoainekattiloissa. EU:n RES-E-direktiivissä on luokiteltu syntypistelajitellulla REF-kierrätyspolttoaineella – biohajoavalla osuudella – tuotettu sähkö uusiutuvilla energialähteillä tuotetuksi, mikä olennaisesti kasvattaa voimaloiden kiinnostusta REF:n käyttöön. Toki EU:n jätteenpolttodirektiivin lisävaatimukset savukaasunpuhdistuksen osalta tulevat johtamaan lisäinvestointeihin ja tuovat siten lisäkustannuksia REF:n käytölle. Nämä lisäkustannukset koskevat lähinnä vanhoja laitoksia, sillä uusille laitoksille LCP-direktiivin muutos tuo isoille kattiloille lähes samat päästöraajat kuin rinnakkaispolttokattiloilla. Hintaakin tärkeämmäksi tekijäksi voivat REF:n hyödyntämisen osalta nousta imagosyyt, joiden vuoksi voimalaitokset voivat mieluummin haluta pitäytyä puhtaan biomassan poltossa kuin leimautua REF:n polttolaitoksiksi.

Kuvassa 51 on esitetty VTT Energian arvio bioenergian lisäämismahdollisuuksista maassamme vuoteen 2025 asti sisältäen myös arviot kierrätyspolttoaineiden määräksi (yhdyskunta- ja rakennusjäte). Oleellista on huomata puu- ja jättebiomassojen keskinäinen suuruus ja lisäkäytön aikataulutus. Viranomaismääräykset kaatopaikkaläjityksen vähentämisestä ja jätteiden hyötykäyttöasteen nostamisesta asettavat selkeät tavoitteet vuosille 2005 ja 2010, kun puuenergian, lähinnä metsätähteiden, lisäkäytölle ei ole vastaavia markkinavoimista riippumattomia tavoitteita. EU:n RES-E-direktiivi asettaa uusiutuvista energialähteistä tuotetulle sähkölle 31 %:n markkinaosuustavoitteen vuodelle 2010, joka vastaa Suomessa uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman kansallistakin tavoitetta.



Kuva 51. Bioenergian (sisältäen kierrätyspolttoaineet) käytön lisäämismahdollisuudet Suomessa.

9.1.3 Hyötykäyttöoptimi

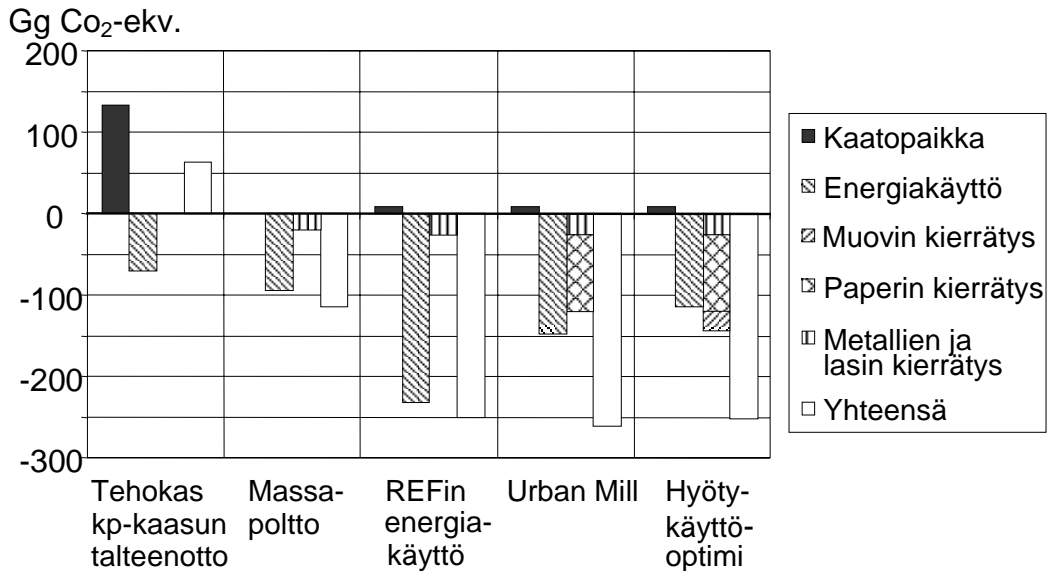
Myös hyötykäyttöoptimi-skenaarion lähtökohtana on syntypaikkalajitteluun perustuva jätehuolto. Jäte prosessoitaisiin kehitysvaiheessa olevalla ns. Urban Mill -asemalla, jossa jätevirrasta erotetaan kuitua kierrätykseen paperitehtaalle. Skenaariossa oletettiin, että polttokelpoisen/orgaanisen jätteen läjitykselle on kaatopaikkakielto. Talteen saadaan kierrätettäviä fraktioita, kuten lasia ja metallia. Polttoon menevän REF:n määrä on tässä skenaariossa pienempi (visiona ideaalisesti 50 % alkuperäisestä jätemäärästä), jolloin kierrätyspolttoaineiden polttokapasiteettia tarvittaisiin huomattavasti vähemmän kuin aikaisemmissa skenaarioissa.

Urban Mill -aseman taloudellinen kannattavuus riippuu laitoksen koosta, ja aseman on oletettu olevan kannattava vain suuressa, noin 100 000 t/a:n koossa. Korkeiden kuljetuskustannusten vuoksi jätteitä ei kannata kuljettaa pitkiä matkoja, joten tässä tarkastelussa oletettiin, että Suomessa olisi kolme Urban Mill -asemaa tiheimmin asutetuilla alueilla (pääkaupunkiseutu, Tampere, Kymenlaakso). Asemat keräisivät kaupunkien ja lähialueiden polttokelpoiset kaupan, toimistojen ja yritysten jätteet prosessoitaviksi.

Tässä konseptissa vähennetään sekä kaatopaikkasijoitusta että neitseellisten raaka-aineiden käyttöä (lasi, metalli, paperi). Pulpperiaseman rejektinä saatava jätemuovi on ajateltu ohjattavan pääosin materiaalikierrätykseen joko rakennusteollisuuden ja kulussektorin uusiotuotteiksi tai nesteyttää muovi ja kuljettaa se öljynjalostamolle uusien muovituotteiden valmistukseen. Poltettavaksi jäisi lähinnä puu, joten poltossa ei synny kasvihuonekaasupäästöjä.

Kuvassa 52 on esitetty eri konseptien vaikutus pääkaupunkiseudulla perustuen YTV:n jätemääriin (palavaa materiaalia 280 000 t/a), jolloin kaupan ja teollisuuden kuivat jätteet käsiteltäisiin kuidun kierrättämiseksi Urban mill -linjalla tai lisäksi hyötykäyttömaksimissa myös muovi ja polttoon kelpaamaton rejekti kierrätettäisiin. Skenaariossa jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjen lasku vuodesta 1990 vuoteen 2010 olisi samaa suuruusluokkaa kuin REF:n rinnakkaiskaasutus- ja seospolttotapauksessa. Materiaalihyötykäyttö lisääntyisi noin 120 000 t/a kuitua, jolloin saavutettaisiin yli 75 %:n kierrätysaste, lisäksi saataisiin kierrätykseen tai energiahyötykäyttöön noin 80 000 t/a jätemuoveja. Jätepuu ohjattaisiin polttoon, mutta teknisesti sitä voitaisiin käyttää myös lasitulevien valmistukseen korvaamaan puhdasta sahanpurua.

Eri jätehuoltojärjestelmien vaikutus khk-päästöihin YTV-alueella



Kuva 52. Kasvihuonekaasupäästöt (YTV:n referenssi) eri vaihtoehdoissa.

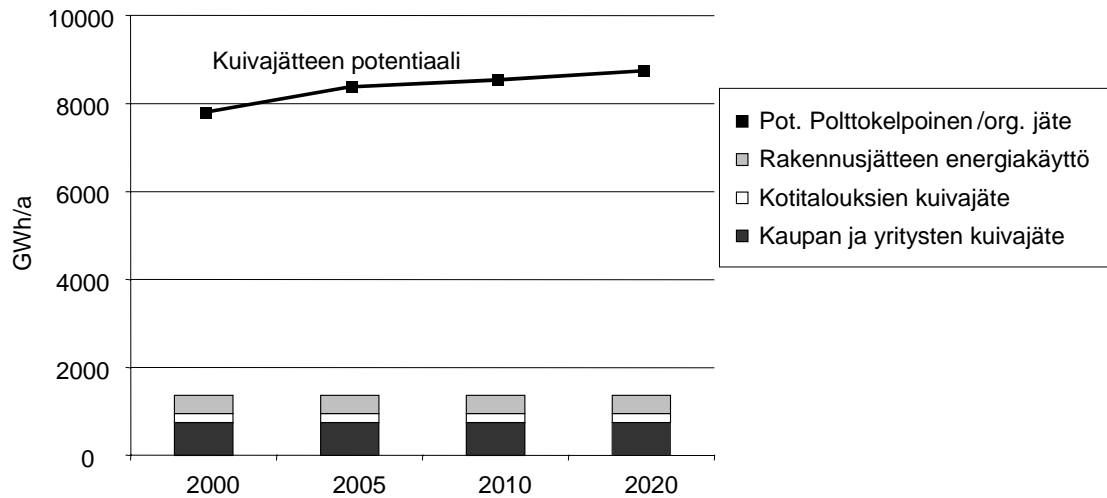
Materiaalikierrätykseen on laskettu lähinnä paperikuidun kierrätys, mutta merkittävä lisäparannus on saatavissa, jos myös lasi-, alumiini- ja muovituotteet kyettäisiin kierrättämään. Muovin ja puun kierrätyksellä ei ole olennaista vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin. Skenaarion keskeisinä epävarmuustekijöinä on uutta tekniikkaa kehitettäessä prosessissa talteenotettavien kierrätettävien materiaalien puhtaus ja mahdollisuus kierrättää niitä, ja sitä kautta saavutettava todellinen kierrätysaste.

9.2 Jätteiden polttokapasiteettitarve eri skenaarioissa

9.2.1 Nykykehitys

Tällä hetkellä kaatopaikkasijoitus on vielä vallitseva jätteiden käsittely suuressa osassa maata. Kotitalousjätteestä valmistettua REF:ää on arvioitu poltettavan noin 50 000 t/a (sisältäen Turun jätteenpolttolaitoksessa poltettavan kotitalousjätteen) ja muusta yhdyskuntajätteestä valmistettua REF:ää noin 150 000 t/a. Rakennusjätteestä valmistettua REF:ää on arvioitu poltettavan noin 120 000 t/a. Metsäteollisuudessa poltetaan lisäksi lietteitä, puujätteitä sekä kierrätyskelvotonta pakkaus- ja prosessijätettä, mutta määrä vaihtelee vuosittain eikä sen määrää ole tässä huomioitu. Metsäteollisuus polttaa tällä hetkellä vajaat 200 000 t/a sellaisia omia jätteitä, jotka tulevaisuudessa kuuluvat jätteenpolttodirektiivin piiriin. Jättemäärän on oletettu kasvavan aiemmin esitetyn mukaisesti. Kuvassa 53 on esitetty polttokelpoisen jätteen potentiaalinen määrä ja energiakäyttö nykykehitysskenaariossa vuosina 2000–2020.

KOKO MAA - nykyinen kierrätyspolttoaineiden käyttö jatkuu



Kuva 53. Nykykehitys-skenaarion mukainen polttokelpoisen jätteen energiakäyttö.

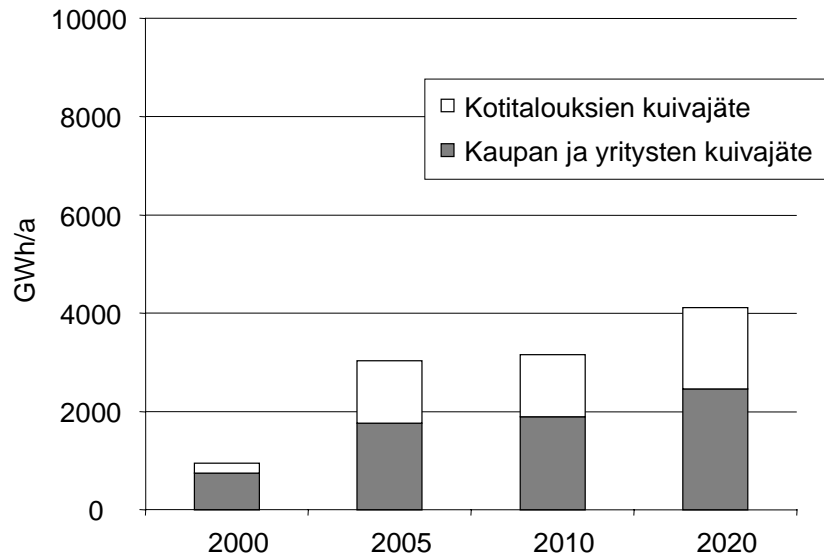
9.2.2 Kaatopaikkadirektiivin minimivaatimukset

Kaatopaikkadirektiivin mukaan vuonna 2010 tulisi biohajoavan yhdyskuntajätteen kaatopaikkasijoitusta vähentää 50 % vuoden 1995 tasosta. Karkeasti arvioiden tulisi tällöin vuonna 2010 energiakäyttöön 3 000 GWh/a (noin 0,8 milj. t/a) kuivajätettä (kuva 54). Vuoteen 2020 mennessä tulisi kaatopaikkasijoitusta vähentää 65 % vuoden 1995 tasosta, jolloin kuivajätettä tulisi energiakäyttöön vuonna 2020 noin 4 000 GWh (noin 1 milj. t/a). Kotitalouksien kuivajätteen lämpöarvona on käytetty 4 MWh:a/t, kaupan ja yritysten kuivajätteen lämpöarvona on käytetty 5 MWh:a/t.

Kotitalouksista ja yrityksistä kerätyn kuivajätteen on oletettu sisältävän kokonaan biohajoavaa materiaalia, mikä tuo virhettä arvioon. Toisaalta teollisuudessa syntyy yhdyskuntajätteeseen rinnastettavaa jätettä, jonka määrää ei tarkkaan tiedetä. Biohajoavan jätteen keskimääräistä osuutta kuivajätteestä on nykytiedoin vielä vaikea arvioida. Muovin osuus kuivajätteessä vaihtelee huomattavasti syntypaikasta riippuen (kuvat 7 ja 8).

Palamattoman/ei-orgaanisen materiaalin määrä vaihtelee myös huomattavasti. Laskelmissa on oletettu, että biojätteen kaatopaikkasijoitus vähentyisi yllä olevien tavoitteiden mukaisesti.

KOKO MAA - Kaatopaikkadirektiivin mukainen polttokapasiteetin tarve



Kuva 54. Kaatopaikkadirektiivin mukainen jätteen kaatopaikkasijoituksen vähentämisen -skenaarion mukainen polttokapasiteetin tarve.

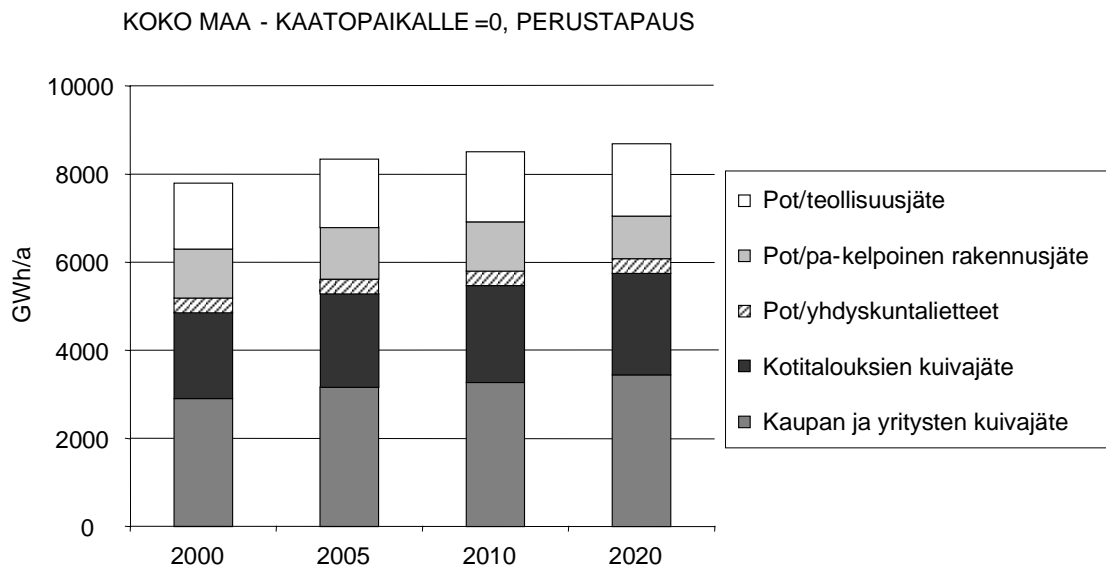
9.2.3 Polttokelpoisen jätteen kaatopaikkakielto

Jos kaikelle orgaaniselle/polttokelpoiselle jätteelle asetettaisiin kaatopaikkakielto, tulisi REF:n polttokapasiteettia olla vuonna 2005 yhteensä noin 8 300 GWh. Vuonna 2010 tämän perusskenaarion mukaan tulisi polttokapasiteettia orgaaniselle/polttokelpoiselle jätteelle olla yhteensä noin 8 500 GWh ja vuonna 2020 yhteensä noin 8 700 GWh/a. Tarvittavat polttokapasiteetit on esitetty kuvassa 55.

Tässä yhdyskuntajätteen, rakennusjätteen ja teollisuusjätteen määrän on arvioitu kasvavan kansallisen ilmasto-ohjelman (KTM 2001) mukaiseen arvioon perustuen. Kotitalouksien kuivajätettä on arvioitu syntyvän 100 kg/as ja kaupan ja yritysten kuivajätettä noin 120 kg/as (Juvonen 2001, VTT Energian tekemät alueelliset jäteselvitykset). Kotitalousjätteen osalta lämpöarvona on käytetty 4 MWh:a/t (keskimääräinen) ja kaupan ja yritysten kuivajätteen lämpöarvon on arvioitu olevan noin 5 MWh/t.

Yhdyskuntalietteiden osalta on potentiaaliin otettu mukaan osa kompostoidusta lietteestä, sillä tulevaisuudessa yksi vaihtoehto voi olla joko raakalietteiden tai käsiteltyjen lietteiden polttaminen kaatopaikkaläjityksen sijasta, jos muita hyötykäyttövaihtoehtoja ei löydetä. Yhdyskuntalietteiden määrän on oletettu pysyvän vakiona vuosina 2000–2020. Yhdyskuntalietteiden lämpöarvona on käytetty keskiarvoa 3 MWh/t.

Orgaanista teollisuusjätettä läjitettiin vuonna 2000 kaatopaikalle noin 1,4 milj. t/a (Ympäristöministeriö 2001), josta noin puolen on arvioitu olevan polttokelpoista materiaalia. Tästä materiaalista on noin puolet (0,3 milj. t/a) arvioitu olevan lietteitä tai muita jätteitä, joilla on alhainen lämpöarvo (1 MWh/t) ja loput jätefraktioita, joilla on parempi lämpöarvo (3 MWh/t). Teollisuuden jätteet ovat laadultaan hyvin erilaisia, ja niiden lämpöarvot vaihtelevat, joten tässä on tehty yllä olevat karkeat arviot polttoainepotentiaalista.



Kuva 55. Polttokelpoisen/orgaanisen jätteen polttokapasiteettitarve, jos orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto.

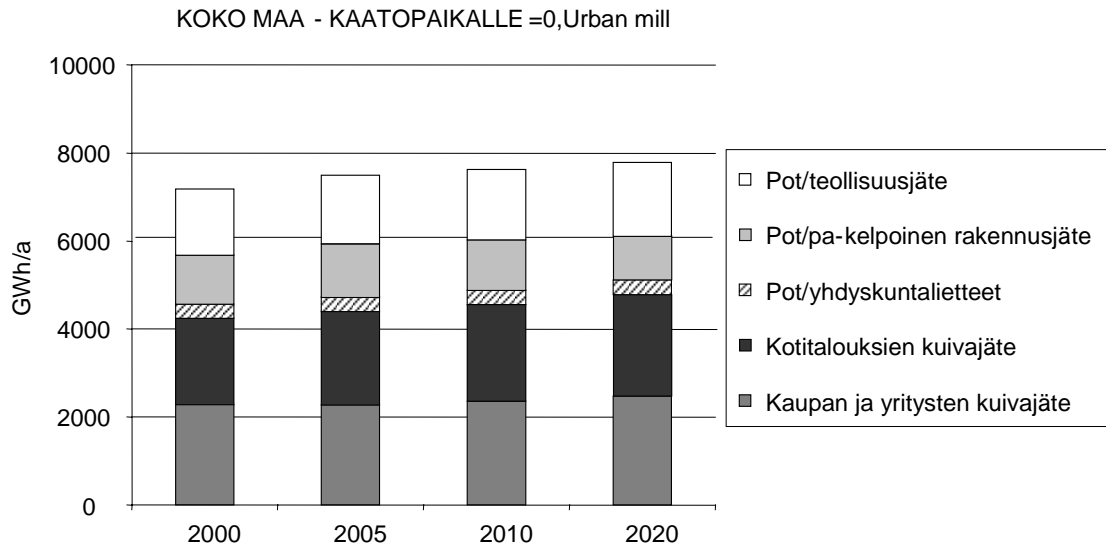
Jättemäärien tilastoinnissa ja määrien arvioinnissa on vielä epävarmuuksia (Hietanen 2001). Jos syntyvän polttokelpoisen kuivajätteen määrän arvioitaisiinkin olevan kotitalouksissa 160 kg/as ja yrityksissä 300 kg/as, siis huomattavasti aikaisemmin esitettyä enemmän, olisi tällöin polttokapasiteettitarvetta vuonna 2010 noin 2–3-kertaiselle jättemäärälle.

9.2.4 Hyötykäyttöoptimi

Kuvassa 56 on esitetty REF:n polttokapasiteetin tarve hyötykäyttöoptimiskenaariossa, jos orgaanisen/polttokelpoisen jätteen kaatopaikkasijoitukselle asetettaisiin kielto. Skenaariossa Suomeen sijoitettiin kolme Urban Mill -asemaa.

Vaihtoehdolla ei ole suurta merkitystä polttokelpoisen jätteen kokonaispotentiaaliin ja energiakäytön kapasiteettitarpeeseen koko Suomessa, mutta paikallisesti sillä voi olla huomattavakin merkitys niillä paikkakunnilla, joilla asema on. Tässä skenaariossa on oletettu, että yritys-jäte käsitellään Urban Mill -asemalla, joten kotitalousjätteen ja yri-

tysjätteen suhteet muuttuvat, ja tällä voi olla merkitystä esimerkiksi seospolttoa harkittaessa, kun polttoaineiden laatu muuttuu alueella. Saattaa olla mahdollista, että pidemmällä aikavälillä Urban Mill -konseptia kyettäisiin soveltamaan myös kotitalousjätteelle, kunhan kuluttajat lajittelevat biojätteen erilleen kuivajätteestä. Biojäte häiritsee hyvän kuitumateriaalin jalostamista kierrätykseen.



Kuva 56. Hyötykäyttömaksimi-skenaarion mukainen polttokapasiteetin tarve, jos organisen jätteen kaatopaikkasijoitukselle asetettaisiin kieltö.

9.3 Polttokelpoisen jätteen sovitus Suomen energiantuotantoon

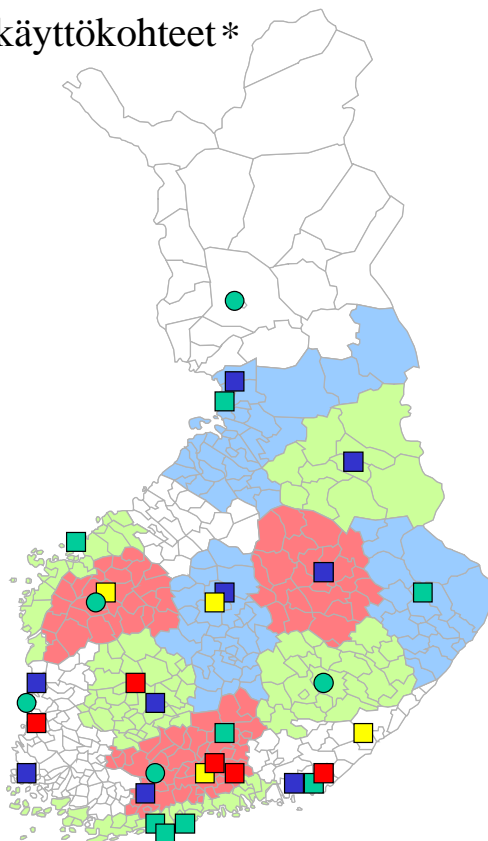
Polttokelpoisen jätteen määrä sovitettiin Suomen energiantuotantolaitoksiin (kuva 57) kaatopaikkakieltoskenaariossa. Kuivajätteestä oletettiin saatavan REF:ää 85 % (prosessoinnissa hävikki ja materiaalihyötykäyttöön saatava materiaali yhteensä 15 %). Vaihtoehdot jätteiden energiakäytölle olivat eri kokoiset CFB/BFB-kaasuttimet, 100 %:n REF-leijukattila, pieni (10–20 MWth) lämpölaite 100 %:n REF:lle, hyvälaatuisen REF:n seospolttolaitos olemassa olevissa CHP-leijukattiloissa tai REF:n seospolttolaitos uudessa CHP-leijukattilassa. Näiden tekniikoiden todettiin soveltuvan Suomen energiantuotantojärjestelmään. Arvioissa käytettiin VTT Energian laajaa kattilatietokantaa, jolla voidaan arvioida tuleva lämmön tai yhteistuotantokapasiteetin tarve alueellisesti.

Kuvassa 57 on hahmotettu tämän jätemäärän käsittelykapasiteettia ja energiahyötykäyttövaihtoehtoja alueellisesti. Jätteiden energiakäyttökapasiteetti on arvioitu niin, että kaikki yhdyskunta- ja rakennusjätteestä valmistettu REF voidaan käyttää. Lisäksi tulee teollisuuden omat jättejakeet, joista on huomioitu vain tällä hetkellä suurempia määriä polttavat laitokset.

Vaihtoehtoiset jätteiden energiakäyttökohteet*

- CFB-kaasutin 60 MWpa
- CFB-kaasutin <40 MWpa
- 100 % REF-leijukattila 70 MWpa
- 10-20 MW:n kaukolämpölaitos
- REF-seospoltto CHP-leijukerroslaitoksessa

*Yksi tai useampi laitos voi olla mahdollinen



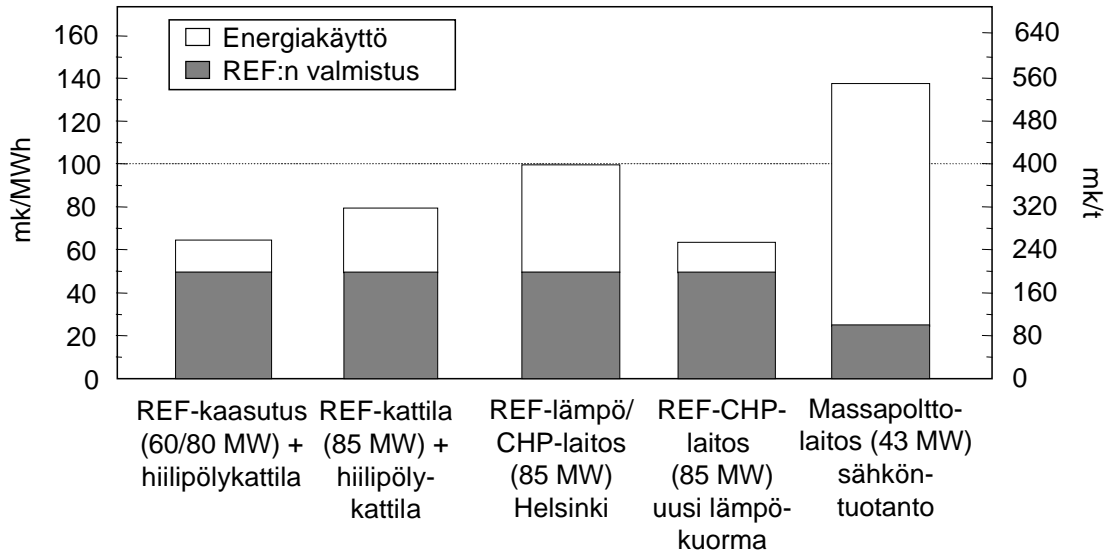
Kuva 57. Jätteiden energiakäyttövaihtoehdot alueellisesti, jos orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto astuu voimaan.

9.4 Kustannuksista

Viime vuosina on Tekesin Jätteiden energiakäyttö -teknologiaohjelmassa tehty julkisia kustannustarkasteluja jätteiden energiahyötykäytön osalta. Esimerkkinä on tässä käytetty pääkaupunkiseudun jätteiden energiakäyttöselvityksen (Mäkinen *et al.* 2000) lopuraporttia. Työssä tarkasteltiin useampia energiatekniikoita leijukerrospoltoon ja kaasutukseen liittyen ja käytettiin referenssinä eurooppalaista sekajätteen tai REF III:n massapolttolaitosta, joka tuotti vain sähköä. YTV:n alueen jätehuoltoskenaario vuoteen 2020 on esitetty kuvassa 60.

Kuvassa 58 on esitetty jätteiden käsittelykustannukset eri vaihtoehdoissa niin REF:n valmistuksen kuin energiakäytön osalta. Kustannuksia on verrattu arvioon tulevista EU-tason kaatopaikkakustannusten vastaanottomaksuista. Nyt jäteveron suuruus on 90 mk/t, mutta sen kaksinkertaistamista on esitetty (Ympäristöministeriö 2001) vuoden 2003 alusta lähtien.

Pääkaupunkiseutua pienemmissä kaupungeissa jätteiden energiakäytön kustannukset ovat suunnilleen samat kuin kuvassa 58 johtuen voimalaitosten samasta kokoluokasta eri kaupungeissa. Kustannuksiin vaikuttavat lisäksi korvattavan fossiilisen polttoaineen hinta ja REF:n verotuskohtelu.



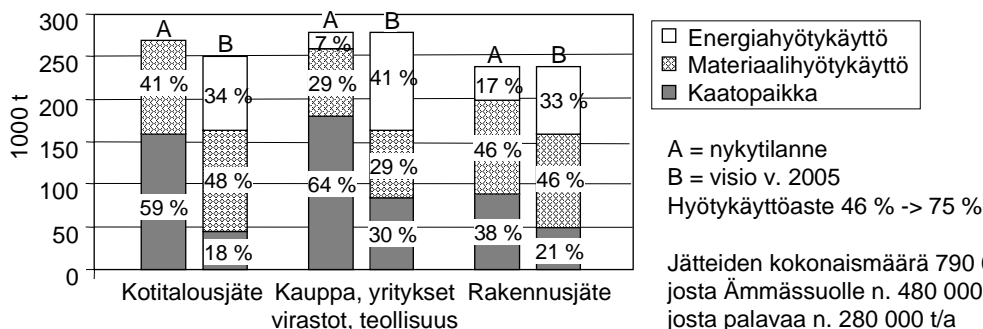
Kuva 58. REF:n energiakäytön käsittelykustannukset YTV:n alueella (Mäkinen et al. 2000).

Kierrätyskenaariossa esitetylle Urban Mill -vaihtoehdolle ei ole vielä esittä julkisia kustannusarvioita, mutta kehitystyön tavoitteena on saada jätteiden käsittelymaksu pysymään suunnilleen samana kuin yo. energiakäyttövaihtoehtojen.

Kaikkien esitettyjen skenaarioiden lisäkustannukset tuleviin kaatopaikkamaksuihin nähden ovat mitättömiä, joten vältetyn CO₂-tonnin hinnaksi voidaan olettaa myös 0 mk/t CO₂ ekv. Kaatopaikkamaksujen on olettu olevan noin 400–450 mk/t, vuonna 2001 ne vaihtelivat Suomessa 150–800 mk/t välillä.

Esitetyllä ratkaisulla olisi mahdollista saavuttaa yhdyskuntajätteiden hyötykäytön liisäämistavoite 70 %:iin vuoteen 2005 mennessä YTV:n alueella kuvan 59 mukaisesti.

JÄTEMÄÄRÄT JA HYÖTYKÄYTTÖ
- nykytilanne ja visio v. 2005



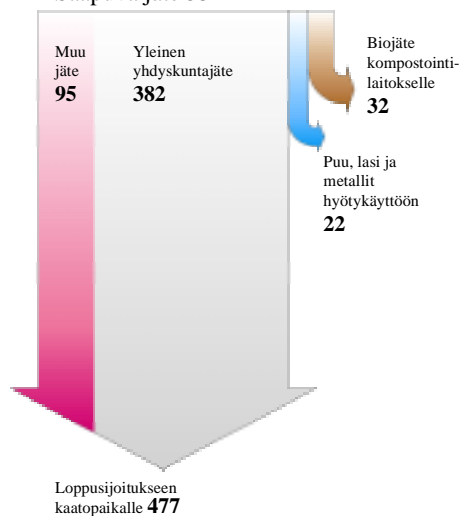
- Jättemäärissä ei ole mukana
- yhdyskuntalietteet
 - rakennustoiminnan maamassat
 - likaantuneet maat
 - ongelmajätteet

Kuva 59. Yhdyskuntajätteiden hyötykäyttöaste YTV:n alueella (Mäkinen et al. 2000).

Ämmäsuon käsittelykeskuksen jätevirrat (tuhansia tonneja)

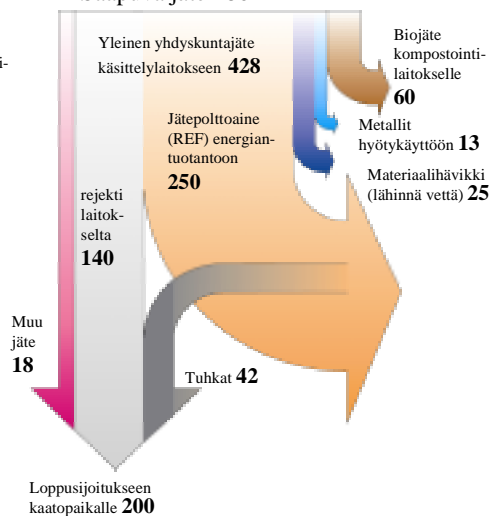
Vuosi 2000

Saapuva jäte 531



Vuosi 2020

Saapuva jäte 486



Ei sisällä pienjäteasemalle tuotuja jätteitä eikä kaatopaikkarakenteissa hyödynnettävää maa- ja kiviainesta. Vuonna 2000 maa- ja kiviaineksia käytettiin noin 142 000 tonnia.



Kuva 60. YTV:n alueen jätehuoltoskenaario v. 2020 (Paavilainen 2001).

10. Kehitystarpeet

Jätehuollon kasvihuonekaasupäästöihin voidaan vaikuttaa merkittävästi lähinnä poliittisin päätöksin ja niitä seuraavin käytännön toimenpitein yritys-, kunta- ja yksilötasolla. Poliittisilta päätöksiltä vaaditaan kuitenkin kattavuutta ja pitävyyttä, jotta konkreettisia toimenpiteitä voidaan odottaa jätehuoltosektorin toimijoilta. Ympäristöministeriön työryhmäraportissa 29.6.2001 ”Ehdotus tarkistetuksi valtakunnalliseksi jätesuunnitelmaksi vuoteen 2005 perusteluineen” on esitetty kattavasti toimenpide-ehdotuksia koskien niin jätteiden hyödyntämistä kuin jätteiden energiakäytön lisäämistä. Siinä on myös esitetty tutkimus- ja kehitystoiminnan lisäämistä sekä jäteveron kertymän ohjaamista osittain investointi- ja kehitystoimintaan.

Tekesin Jätteiden energiakäyttö- sekä keväällä 2001 käynnistyneessä Streamsteknologiaohjelmissa on kehitetty erilaisia tekniikoita ja konsepteja jätteiden energiakäytön ja materiaalikäytön parantamiseksi niin kotimaahan kuin vientimarkkinoille. Jälkimmäinen teknologiaohjelma keskittyy erityisesti yhdyskuntajätteiden käsittelyn ja kierrätyksen kehittämiseen. Suomessa on lähdetty syntypaikkalajittelujärjestelmän kehittämistä ja sitä kautta materiaali- ja energiakäytön parantamisesta. Suomessa ei ole ollut valmista jätteenkäsittelykapasiteettia, mikä on mahdollistanut uusien teknologioiden kehityksen ja kiinnostuksen niitä kohtaan.

Perinteinen kaatopaikkasijointus palavalle jätteelle tulee loppumaan vuonna 2010, ja kaatopaikkojen jälkihoito tulee olemaan jatkossakin merkittävä kehitysalue. Vuoteen 2007 mennessä lähes kaikki vanhat kaatopaikat joudutaan luvittamaan ja rakentamaan uudelleen EU-määräysten mukaisiksi. Tällöin on oleellista tietää tulevien jätevolyyymien muutokset ja etenkin palavan jätteen poisjäännistä johtuva huomattava jätemäärän lasku. Kaatopaikoilta tulevien metaanipäästöjen hallinta tulee jatkossakin olemaan keskeinen toimintakohde niin kaatopaikan täytön kuin 20–30 vuotta kestävä jälkihoidon aikana. Kaatopaikkakaasut tulee polttaa joko soihdussa tai hyödyntää paikallisessa energiantuotannossa, potentiaali vuoteen 2010 on 0,6–1 PJ ja sähkön tuotantomäärä kaasumoottoreilla 65–105 GWh/a (Tuhkanen 2001a). Metaanin poltto kaukolämpökattiloissa tai pienissä moottorivoimaloissa on edullisin energiahyötykäyttötapa. Ruotsissa, jossa metaanille on annettu liikennepolttoaineena täydellinen polttoaineverohelpotus, myös liikennekäyttö on taloudellisesti houkuttelevaa. Kaatopaikkakaasun puhdistaminen ja paineistaminen ajoneuvokäyttöön aiheuttaa noin 200 mk/MWh kokonaiskustannukset, kun dieselöljyn veroton hinta on noin 150 mk/MWh. Ruotsissa seitsemässä kaupungissa käytetään julkisissa ajoneuvoissa biokaasua. Yhteensä biokaasulaitoksia on lähes 200 kpl. Mikäli Suomen ja EU:n uuden, liikenteen biopolttoaineita koskevan direktiivin jatkokäsittelyn myötä liikenteen biopolttoaineita koskevat verokohtelut muuttuvat, voi biokaasun ajoneuvokäyttö nousta meilläkin ajankohtaiseksi kehityskohteeksi esim. jäteautojen vähäpäästöisenä polttoaineena.

Yhdyskuntajätehuollon keskeisimmiksi kehityskohteiksi kirjoittajat arvioivat uusien, integroitujen jätteiden materiaali- ja energiahyötykäyttökonseptien luomisen. Tällaisesta on hyvänä esimerkkinä Jätteiden energiakäyttö -teknologiaohjelmassa rahoitetut uusien REF-asemien kehitysprojektit (Urban Mill). Tavoitteena on optimoida kokonaiskustannuksiltaan ja ympäristövaikutuksiltaan järkevä palavan yhdyskuntajätteen materiaali- ja energiahyötykäyttö. Hyvälaatuisen kuivajätteen mukana tuleva paperi ja kuituaines kannattaa kierrättää ja huonolaatuinen kuituaines hyödyntää energiana silloin, kun se on kustannuksiltaan mahdollista. Merkittävä CO₂-päästöjen lasku saadaan lisäksi kierrättämällä REF-aseman yhteydessä arvokkaimmat materiaalit kuten alumiini, lasi ja tekstiilit. Näiden tehokkaampaa syntypaikkalajittelua ja kierrättämistä REF-asemien yhteydessä tulee kehittää voimakkaasti. Onkin todennäköistä, että taloudellinen optimi ei löydy lisäämällä vain syntypaikkalajittelua ja keräysastioiden lukumäärää, vaan tarvitaan kokonaisvaltaisempaa järjestelmä- ja konseptikehitystä. Hyvänä esimerkkinä tästä on Saksassa DSD:n Systeclin pakkausjätteiden hyödyntämiseen tekemä kehitystyö.

Ehkä pelkistetysti voidaan todeta, että yhdyskuntajätteiden nykyistä oleellisesti korkeampi materiaali- ja energiahyötykäyttö voidaan toki saavuttaa kuidun, muovin ja puun sekä metallien ja lasin osalta. Kyse on lähinnä siitä, mikä on se korkeampi käsittelymaksun taso, jonka jätteen tuottajat vielä hyväksyvät. EU-tason kaatopaikkojen vastaanottomaksun on arvioitu olevan noin 400–450 mk/t, joka jäteveron kaksinkertaistumisen myötä nousisi noin 500–550 mk/aan/t. Näillä kustannuksilla on arvioitu jätteiden lajittelun ja REF:n energiakäytön mahdollistuvan yleisesti Suomessa. Muovin kierrätyksestä peritään Saksassa moninkertaista maksua. Voidaan todeta, että paperikuidun ja pakkauksien kierrätyksen lisääminen saattaa merkittäväällä kehityspanostuksella nousta oleellisesti, mutta jätepuun poltolla löytyy tuskin muita laajamittaisesti järkeviä vaihtoehtoja. Kaatopaikoille menee huomattavasti vähemmän jätepuuta kuin sitä Suomessa muutenkin poltetaan. Sama koskee myös jätemuoveja. EU:n pakkausjätedirektiiviesityksen mukaisesti materiaali- ja energiahyötykäytöstä tulisi huomattavasti lisätä, mikä vaatii myös Suomessa alueelle kasvavia kehityspanoksia sikäli, kun uutta teknologiaa ei ole valmiina ulkomailta ostettavissa.

Jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjen huomattava vähentäminen on mahdollista, jos perinteisen kaatopaikkasijoittamisen rajoitustoimien ohella ryhdytään intensiivisesti yhdyskuntajätteiden materiaali- ja energiahyötykäytön lisäämiseen. Jätteiden energiakäytön malliksi on Suomessa ehdotettu Keski-Euroopassa yleisen sekajätteen massapolton sijaan uutta syntypaikkalajitteluun ja kierrätyspolttoaineen valmistukseen ja REF:n käyttöön kaupunkien lämmitysvoimaloiden yhteydessä perustuvaa hyötykäyttökonseptia. Laskelmien mukaan se on selvästi kasvihuonekaasupäästöiltään edullisempi ja halvempi toimintatapa. Kyse on suomalaisen jäte- ja energiateknologian kehittämisestä ja demonstroinnista lähivuosina noin kahdessakymmenessä investointikohteessa. Näille ratkaisuille on nähtävissä myös huomattavat vientimahdollisuudet. Uusien tekniikoiden kehittäminen tulee vaatimaan yrityksille ja tutkimustahoille merkittävää julkista rahoitusta riskien jakamiseksi ja uusien innovaatioiden kehittämiseksi.

Lähdeluettelo

ASJ (Ab Afallsservice Stormossen Jätehuolto Oy). 2001. [<http://www.asj.fi>]. Luettu 23.3.2001.

Babcock Borsig Power-Austrian Energy. 2001. [http://www.babcockborsigpower.de/englisch/start_e.htm]. Luettu 1.3.2001.

Citec Oy. 2000. The Waasa process. [<http://www.citec.fi/environmental-waasa-process.htm>]. Luettu 1.3.2001.

Commission of the European Communities. 2000. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of electricity from renewable energy sources in the internal electricity market. Brussels 10.5.2000. COM (2000) 279 final.

Dahlbo, H., Petäjä, J., Jouttijärvi, T., Melanen, M., Tanskanen, J.-H., Koskela, S. & Pylkkö, T. 2000. Jätesektorin mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 100 s. (Suomen ympäristökeskuksen moniste 197).

DSD. 2000. SORTETechnology 3.0. Esite.

Ekorosk. 2001. [<http://www.ekorosk.fi>]. Luettu 22.5.2001.

Energia 2/1998.

Energos. 2000. [<http://www.energos.com>]. Luettu 22.5.2001.

Euroopan yhteisöjen komissio. 2001. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan Parlamentille, talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle uusiutuvien energialähteitä koskevan yhteisön strategian ja toimintasuunnitelman (1998–2000) täytäntöönpanosta. Bryssel, 16.02.2001. (KOM 2001 (69) lopullinen).

EYVL (Euroopan yhteisöjen virallinen lehti) 6.9.2000. Komission päätös, tehty 3 päivänä toukokuuta 2000, jätteistä annetun neuvoston direktiivin 75/442/EY 1 artiklan a alakohdan mukaisen jäteluettelon laatimisesta tehdyn komission päätöksen 94/3/EY ja vaarallisista jätteistä annetun neuvoston direktiivin 91/689/EY 1 artiklan 4 kohdan mukaisen vaarallisten jätteiden luettelon laatimisesta tehdyn neuvoston päätöksen 94/904/EY korvaamisesta. (2000/532/EY)

EYVL 28.12.2000. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/76/EY, annettu 4 päivänä joulukuuta 2000, jätteenpoltosta.

EYVL 16.2.2001. Komission päätös, tehty 16 päivänä tammikuuta 2001, jäteluetteloaa koskevan päätöksen 2000/532/EY muuttamisesta. (2000/118/ETY)

EYVL 27.10.2001. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2001/77/EY, annettu 27 päivänä syyskuuta 2001, sähköntuotannon edistämiseksi uusiutuvista energialähteistä tuotetun sähkön sisämarkkinoilla.

EYVL 27.11.2001. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2001/80/EY, annettu 23 päivänä lokakuuta 2001, tiettyjen suurista polttolaitoksista ilmaan joutuvien epäpuh-
tauspäästöjen rajoittamisesta.

Heikkinen, V. 1998. Rakennusjätteestä kierrätyspolttoaineeksi. Ympäristö-lehti 3/1998.

Helynen, S., Holttinen, H., Lund, P., Sipilä, K., Wolff, J. & Alakangas, E. 1999. Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman taustaraportti. KTM:n tutkimuksia ja raportteja 24/1999. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Energiaosasto. 112 s.

Herhof-Umwelttechnik, GmbH. 1997. The Herhof-Dry-Stabilate Process-An indispensable Component of Energy-Conscious Waste Recycling. Esite.

Hietanen, L. 2001. Jätteiden määrät ja käsittely vuonna 2000. VTT Energian raportteja ENE1/35/2001. Sisäinen raportti projektiryhmän käyttöön. 34 s.

Juvonen, J. 2001. Syntypaikkalajittelujärjestelmän vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun ja REF-laitosten koeajot. ENE1/32/2001. Sisäinen raportti.

Jätelaitosyhdistys. 2000. [<http://jatelaitosyhdistys.fi/>].

Kinni, J. 2001. Kvaerner Pulping Oy.

Kivelä, M., Nieminen, J. & Palonen, J. 2002. Biomass CFB Gasification Connected to a 350 MW_{TH} Steam Boiler with Coal and Natural Gas –Thermie Demonstration Project in Lahti in Finland. Power Production from Waste and Biomass IV -seminaarin aineistoa.

Kivelä, M. 2000. Jätteitä polttavan laitoksen rooli kierrätyspolttoaineketjussa. XIV Valtakunnalliset Jätehuoltopäivät 18.–19.10.2000. Helsinki.

KTM (Kauppa - ja teollisuusministeriö). 1999. Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmä. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 4/1999. 28 s.

KTM. 2001. Kasvihuonekaasujen vähentämistarpeet- ja mahdollisuudet Suomessa. Kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 4/2001. 169 s.

Kuntaliitto. 2000. Alueelliset Jätehuolto-yhtiöt ym. [<http://www.kuntaliitto.fi/yhdysk/yht99.htm>]. Luettu 22.1.2001.

Kurkela, E. 2001. Review of Finnish biomass gasification technologies. OPET Report 4. Opet Finland.

Lohiniva, E., Mäkinen, T. & Sipilä, K., 2001. Lietteiden käsittely, uudet ja käytössä olevat tekniikat. VTT Tiedotteita. 46 s.

Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy. 2000. [<http://www.l-hjatehuolto.fi>]. Luettu 22.2.2001.

Metsäteollisuus ry. 2000a. Ympäristönsuojelun vuosikirja. Massa- ja paperiteollisuus. Vuoden 1999 tilastot. 126 s.

Metsäteollisuus ry. 2000b. Ympäristönsuojelun vuosikirja. Vuoden 1999 tilastot. Saha- ja levyteollisuus. 56 s.

Mäkinen, T., Sipilä, K., Hietanen, L. & Heikkonen, V. 2000. Pääkaupunkiseudun jätteen energiakäyttöselvitys. Loppuraportti 2000. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C: 2000. YTV Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta, Helsinki. 69 s.

Lohiniva, E., Mäkinen T., & Sipilä, K., 2001. Lietteiden käsittely, uudet ja käytössä olevat tekniikat. VTT Tiedotteita. 146 s.

Ohlström, M., Tuhkanen, S. & Lehtilä, A. 1999. Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamistoimien kustannukset energiasektorilla. VTT Energia, tutkimusselostus ENE6/35/99.

OJ (Official Journal) 16.7.1999. Council Directive 1999/31/EC of 26 April on the landfill of waste.

Oy Botnariosk Ab. 2001. Lehdistötiedote Oy Botnariosk Ab:n ja Ab ASJ Stormossen Oy:n välisestä sopimuskesta. [www.botnariosk.fi]. Luettu 31.5.2001.

Paavilainen 2001. YTV:n jätteenkäsittelystrategia. Jätteen energiakäyttö-tekniikka-ohjelman vuosikirja 2001.

Palonen, J., Nieminen, J. & Berg, E. 1998. Thermie demonstrated biomass CFB gasifier at Lahti. Modern Power Systems. February 1998.

Paperinkeräys Oy. 2001. Paperi- ja kierrätystase Suomessa 2000. [<http://www.paperinkerays.fi>]. Luettu 20.6.2001.

Pipatti, R., Hänninen, K., Vesterinen, R., Wihersaari, M. & Savolainen, I. 1996. Jätteiden käsittelyvaihtoehtojen vaikutus kasviuonekaasupäästöihin. Impact of waste management alternatives on greenhouse gas emissions. VTT Research Notes 1936. Technical Research Centre of Finland. Espoo. 85 s.

Pipatti, R. 2001. Greenhouse gas emissions and removals in Finland. VTT Research Notes 2094. Technical Research Centre of Finland. Espoo. 59 s.+ liitt. 95 s.

Pirkanmaan Jätehuolto Oy. 2000. Pirkanmaan Jätehuolto Oy. Vuosikatsaus 1999. [<http://www.pirkanmaanjatehuolto.fi>]. Luettu 21.02.2001.

PYR. Pakkausalan ympäristörekisteri. 2001. Pakkausjätteistä ja hyötykäytöstä. [<http://www.pyr.fi>]. Luettu 20.6.2001.

Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy. 2001. [<http://www.phj.fi>]. Luettu 31.5.2001.

Rahkonen, P. 2000. Jätehuoltoyhtiön rooli kierrätyspolttoaineketjussa. Case. XIV Valtakunnalliset Jätehuoltopäivät 18.–19.10.2000. Helsinki.

Raiko, R., Kurki-Suonio, I., Saastamoinen, J. & Hupa, M. 1995. Poltto ja palaminen. International Flame Research Foundation (IFRF) Suomen kansallinen osasto. Jyväskylä. 629 s.

Ristola, P. 2001. Urban Mill, paperin kierrätyksen ja jätteiden energiakäytön integrointi. Jätteiden energiakäyttö-tekniologiaohjelman vuosikirja 2001.

RVF. 2000. Kapacitet för att ta hand of brännbart och organiskt avfall. RVF Utveckling. Rapport 00:13. Malmö. 49 s.

Savolainen, I., Tuhkanen, S. & Lehtilä, A. 2001. Tekniologia ja kasviuonekaasupäästöjen rajoittaminen – Taustatyö kansallista ilmasto-ohjelmaa varten. Toim. Savolainen, I., Tuhkanen, S. & Lehtilä, A. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 1/2001. Energiaosasto. 198 s.

Smith, A., Brown, K., Oglivie, S., Rushton, K. & Bates, J. 2001. Waste management options and climate change – final report to the European Commission – DG Environments. Final report ED21158 R4.1. 205 s.

Tegneman, K. 1999. Performance of small scale waste burning BFB-boilers. Fuel flexibility-future demands. Paper presented at: Waste-to-Energy- The latest technical development. Malmö, Sweden. September 30–October 1, 1999.

Thermoselect. 2000. [<http://www.thermoselect.ch>]. Luettu 20.10.2000.

Tilastokeskus 2000. Energiatilastot 2000.

Tuhkanen, S. 2001a. Jätehuollon merkitys Suomen kasvihuonekaasupäästöihin. Kaatopaikkojen metaanipäästöt ja niiden talteenotto. VTT Energian tutkimusselostus ENE6/25/2001.

Tuhkanen, S., Pipatti, R., Sipilä, K. & Mäkinen, T. 2001b. The Effect of New Solid Waste Treatment Systems on Greenhouse Gas Emissions. In: Williams, D. J., Durie, R. A., McMullan, P., Paulson, C. A. J. & Smith, A. Y. (eds.). Greenhouse Gas Control Technologies. Proceedings of the Fifth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-5). Collingwood: CSIRO Publishing. S. 1236–1241.

Turkulainen, T. & Johansson, A. 2001. Jätteiden vaikutus kasvihuonekaasupäästöissä. Osahanke B: Materiaalikierrätys ja jätteiden materiaalivirtojen kehitys. VTT Kemiantekniikka. 215-01/KET17.

Uudenmaan ympäristökeskus. 2000. Uudenmaan ympäristökeskus tiedottaa 66/2000. Ympäristölupa Viikin kierrätyspolttoaineen valmistus - ja jätteen siirtokuormausaseman laajentamiselle. 23.8.2000. [<http://www.vyh.fi/ajankoht/tiedote/uyk/tied00/00-066.htm>]. Luettu 23.3.2001.

Vahvelainen, S. & Salomaa, E. 2000. Tuotannon ja kulutuksen jätteet. Ympäristö ja luonnonvarat 2000:5. Tilastokeskus. 192 s.

Vapo Oy Biotech. 2000. Vapo ja PVO kehittävät yhdessä valmistus- ja kaasutusteknologiaa kierrätyspolttoaineille. Biotech-uutisia nro 2. 30.11.2000.

VNp 861/97 kaatopaikoista. 1997.

VNp 1049/99 kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamiseksi. 1999.

VNp 962/1997 pakkauksista ja pakkausjätteistä. 1997.

VNp 883/1998 keräyspaperin talteenotosta ja hyödyntämisestä. 1998.

VNp 296/1997 rakennusjätteistä. 1997.

Vehkalahti, M. 2000. Kuinka 70 %:n hyötykäyttöaste saavutetaan vuoteen 2005? Lehdistötiedote. Jätteiden Energiakäyttö-teknoologiaohjelman vuosiseminaari 23.5.2000.

Vesanto, P. 2001. REF III:n ja lietepolttoaineiden kaasutus ja kaasunpuhdistus, jatkokehitys. Jätteiden energiakäyttö-teknoologiaohjelman vuosikirja 2001.

VTT Energia. 1999. Energia Suomessa. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. 368 s.

Väisänen 2001. Jätteiden hyötykäyttöstrategiat ja -markkinat Euroopassa, vientimahdollisuudet. Jätteiden energiakäyttö -teknoologiaohjelman vuosikirja 2001.

Ympäristöministeriö. 1998. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2005. Suomen ympäristö 260. Helsinki. 243 s.

Ympäristöministeriö. 2001. Ehdotus tarkistetuksi valtakunnalliseksi jätesuunnitelmaksi vuoteen 2005 perusteluineen. Ympäristöministeriön projektityöryhmä. Helsinki 29.6.2001. 52 s.



Tekijä(t) Lohiniva, Elina, Sipilä, Kai, Mäkinen, Tuula & Hietanen, Lassi			
Nimeke Jätteiden energiakäytön vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin			
Tiivistelmä <p>Suomen jätehuolto perustuu jätteiden syntyapaikkalajitteluun kotitalouksissa, kaupoissa, yrityksissä ja teollisuudessa. Syntyapaikkalajittelu tukee kierrätystä ja kierrätykseen kelpaamaton fraktio voidaan prosessoida mekaanisesti kierrätyspolttoaineeksi. Kierrätyspolttoaine voidaan käyttää joko rinnakkaispolttoainekattiloissa tai täysin kierrätyspolttoaineille suunnitelluissa kattiloissa tai kaasuttimissa. Suomessa jätteiden energiakäyttö on hoidettu ns. rinnakkaispolttokattiloissa, mutta lainsäädännölliset rajoitukset, kuten EU:n jätteenpolttodirektiivi, tulevat ohjaamaan jätteiden energiakäyttöä myös uusiin laitosinvestointeihin. Viime vuonna ympäristölainsäädäntöä on muutettu, ja uudet ohjeistukset ja normit, etenkin orgaanisen jätteen kaatopaikkakieltoesitys, tuovat paineita jätteiden energiakäytön lisäämiselle.</p> <p>Jätteiden energiakäytöllä on huomattava merkitys kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Jätteiden energiakäytöllä vähennetään kaatopaikalle päätyvän biohajoavan ja orgaanisen jätteen määrää ja sitä kautta kaatopaikoilta syntyviä metaanipäästöjä. Biohajoavasta ja orgaanisesta, kierrätykseen kelpaamattomasta jätteestä voidaan valmistaa kierrätyspolttoaineita korvaamaan fossiilisia polttoaineita energiantuotannossa. Paras hyöty saadaan integroitaessa kierrätyspolttoaineiden tuotanto materiaalikierrätykseen.</p> <p>Jätehuollon suunnittelussa ja investoinneissa ohjaavana tekijänä on vahvasti lainsäädännölliset toimenpiteet, kuten mahdollinen orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto tai jäteveron korotukset. Selvityksessä tarkasteltiin jätehuoltoon liittyvää lainsäädäntöä. Selvityksessä käytiin läpi jätteiden käsittelyyn liittyviä tekniikoita. Selvityksessä käytiin läpi jätteiden energiakäyttöön liittyvää lainsäädäntöä. Pääpaino oli jätteiden energiakäytön tekniikoissa ja konsepteissa, sillä eri käsitteilyketjuilla on erilaisia vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin. Selvityksessä tarkasteltiin jätteiden energiakäytön vaikutuksia Suomen kasvihuonekaasupäästöihin kolmessa skenaariossa, jotka olivat 1) kaatopaikkadirektiivin mukainen kaatopaikkasijoituksen vähentäminen, 2) orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto ja 3) ns. kierrätysoptio. Jätteiden energiakäytöllä on mahdollista vähentää Suomen kasvihuonekaasupäästöjä vuoteen 2010 3–5 Mt/a CO₂-ekv. vuoden 1990 tilanteesta. Kierrätyspolttoaineiden käyttöpaikat tarkasteltiin eri skenaarioissa lähtökohtana Suomen energiantuotantorakenteen säilyttäminen ennallaan.</p>			
Avainsanat waste management, landfills, emissions, greenhouse gases, methane, legislation, regulations, recycling fuels, energy production, power plants			
Toimintayksikkö VTT Prosessit, Biologinkuja 3–5, PL 1601, 02044 VTT			
ISBN 951–38–5889–8 (nid.) 951–38–5890–1 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Projektinnumero 13CLIMJÄTUET	
Julkaisu-aika Toukokuu 2002	Kieli Suomi, engl. abstr.	Sivuja 119 s.	Hinta C
Projektin nimi Jätehuollon toimenpiteiden vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin		Toimeksiantaja(t) Teknologian kehittämiskeskus (Tekes), VTT Energia, VTT Kemiantekniikka, Suomen ympäristökeskus	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235–0605 (nid.) 1455–0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

Published by



Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
Phone internat. +358 9 4561
Fax +358 9 456 4374

Series title, number and
report code of publication

VTT Research Notes 2139
VTT-TIED-2139

Author(s) Lohiniva, Elina, Sipilä, Kai, Mäkinen, Tuula & Hietanen, Lassi			
Title Waste-to-energy and green house gas emissions			
Abstract <p>Directives, laws and regulations direct waste management today. Waste management may have a large impact on reducing the greenhouse gas emissions by decreasing the methane emissions from the landfills by the means of reducing the amount of biodegradable waste landfilled, and by collecting biogas from the landfills. Additional savings can be made by replacing fossil fuels with source separated recovered fuels (REF). This report reviews the potential of waste to energy technologies to reduce the Finnish greenhouse gas emissions.</p> <p>This report describes the waste management laws in force or planned, and their impact on reducing the greenhouse gas emissions. Different waste to energy technologies are reviewed. The impact of different waste handling and waste to energy technologies varies greatly.</p> <p>Three different scenarios for waste management were chosen: 1) the impact of landfill directive, 2) ban for landfilling of organic waste, 3) maximum recycling. The impact of these three scenarios on greenhouse gas emissions varies between 3-5 Mt/a CO₂ eq. The Kyoto target for Finland is approx. 14 Mt CO₂-eq., which means that waste management can have a significant and fairly cost effective role for the Finnish target. The utilisation possibilities of REF in existing or planned power plants or district heating plants and needed capacity, without disturbing the existing Finnish energy production system were evaluated as well. Alternatives considered were co-incineration in existing or new REF CHP plants, gasification of REF and gas burning in existing pulverised coal plant or fluidised bed boilers replacing fossil fuels, 100 % REF fluidised bed boilers or district heating plants for REF.</p>			
Keywords waste management, landfills, emissions, greenhouse gases, methane, legislation, regulations, recycling fuels, energy production, power plants			
Activity unit VTT Processes, Biologinkuja 3-5, P.O.Box 1601, FIN-02044 VTT, Finland			
ISBN 951-38-5889-8 (soft back ed.) 951-38-5890-1 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Project number 13CLIMJÄTUET	
Date May 2002	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 119 p.	Price C
Name of project Jätehuollon toimenpiteiden vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin		Commissioned by The National Technology Agency (Tekes), VTT Energy, VTT Chemical Technology, Finnish Environment Institute	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (soft back edition) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	

Jätehuollon suunnittelussa ja investoinneissa ohjaavana tekijänä ovat vahvasti lainsäädännölliset toimenpiteet, kuten mahdollinen orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto tai jäteveron korotukset. Selvityksessä tarkasteltiin jätteen energiakäyttöä koskevaa lainsäädäntöä ja käytiin läpi jätteen energiakäyttöön liittyviä tekniikoita, sillä eri käsittelyketjut ja -tekniikat vaikuttavat eri tavoilla kasvihuonekaasupäästöihin.

Selvityksessä arvioitiin Suomen jätehuollon vaikutuksia maamme kasvihuonekaasupäästöihin kolmessa eri skenaariossa: 1) kaatopaikkadi-
rektiivin mukainen kaatopaikkasijoituksen vähentäminen, 2) orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto ja 3) ns. kierrätysmaksimi. Selvityksen perusteella jätteen energiakäytöllä on mahdollista vähentää Suomen kasvihuonekaasupäästöjä vuoteen 2010 mennessä 3–5 Mt/a CO₂-ekv. vuoden 1990 tilanteesta. Selvityksessä arvioitiin lisäksi energiakäyttöön ohjautuvan kierrätyspolttoaineen käyttömahdollisuuksia Suomessa erilaisilla voimalaitoksilla häiritsemättä nykyistä energiantuotantorakennetta.

Tätä julkaisua myy
VTT TIETOPALVELU
PL 2000
02044 VTT
Puh. (09) 456 4404
Faksi (09) 456 4374

Denna publikation säljs av
VTT INFORMATIONSTJÄNST
PB 2000
02044 VTT
Tel. (09) 456 4404
Fax (09) 456 4374

This publication is available from
VTT INFORMATION SERVICE
P.O.Box 2000
FIN-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 9 456 4404
Fax + 358 9 456 4374
